Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Über die Oberflächenspannung des Kälberblutes.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Vorgelegt von
Emil Hölzle
aus Konstanz.

München 1938

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert, Quakenbrück.

Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Über die Oberflächenspannung des Kälberblutes.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München.

Vorgelegt von
Emil Hölzle
aus Konstanz.

München 1938

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert, Quakenbrück.

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der Universität München.

Referent: Professor Dr. J. Paechtner.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung 5

II. Versuchstiere und Blutentnahme. 6

A. Oberflächenspannung 6

1. Bestimmung der dynamischen O'sp. mit dem Stalagmometer nach Traube 8

a) Schrifttum 8

b) Eigene Untersuchungen 10

1. Versuchstechnik 10

a) Prinzip der Meßmethoden 10

b) Ausführung der Messungen 10

2. Ergebnisse 13

a) O'sp. und Körpergewicht 15

b) O'sp. und Alter 16

c) O'sp. und Geschlecht 17

d) O'sp. und Rasse 18

e) Die Konstanz der O'sp. 18

f) Die Hemmer'schen Werte 19

g) Messung von Dichte und O'sp. in verschiedenen Zeitabständen 20

h) Einfluß der Blutverdünnung auf die O'sp. . 21

i) Messung von Dichte und O'sp. des verdünnten Blutes in verschiedenen Zeitabständen 22

k) Kursorischer Fall 22

2. Bestimmung der relat. statischen O'sp. mit den Michaelis'schen Kapillaren 23

a) Schrifttum 23

b) Eigene Untersuchungen 24

1. Versuchstechnik 24

2. Kontrollversuche 26
3. Messungen an Blut 28
a) orientierende Versuche 28
b) definitive Versuche 29

B. Die Oberflächenspannung in der Meiostagminreaktion . 32
1. Schrifttum 32
2. Eigene Untersuchungen 33
a) Methodik 33
b) Ergebnisse 34
1. Titration des Tuberkulins 34
2. Meiostagminreaktion 36
Anhang: Statische O'sp. und Meiostagminreaktion. 38

C. Dichte 39
1. Schrifttum 39
2. Eigene Untersuchungen 40
a) Methodik 40
b) Ergebnisse 41
1. Einfluß des Körpergewichts auf die Dichte . 41
2. Einfluß des Alters auf die Dichte 41
3. Einfluß des Geschlechts auf die Dichte . . 42
4. Einfluß der Rasse auf die Dichte 43
5. Kursorischer Fall 43

III. Zusammenfassung 44

IV. Literaturverzeichnis 46

Lebenslauf 48

I. Einleitung.

In den letzten Jahrzehnten wurden in der Medizin sehr viel Untersuchungen über die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Blutes angestellt, um — nachdem erst einmal Normalwerte geschaffen waren — das Blut auch bei pathologischen Zuständen zu untersuchen mit dem Bestreben, dadurch neue diagnostische Hilfsmittel zu erhalten.

Die Veterinärmedizin hat sich erst in neuerer Zeit mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften des Blutes der Haussäugetiere befaßt. Wie in der Humanmedizin galt es auch hier, zuerst Normalwerte zu schaffen. An erster Stelle wurde Pferdeblut bezüglich dieser Eigenschaften untersucht. Aber auch Rinderblut wurde in den letzten Jahren diesen Forschungen unterworfen. Die bisherigen Ergebnisse konnten über die Zusammensetzung und die daraus folgenden physikalischen und chemischen Eigenschaften noch nicht die gründlichen Kenntnisse übermitteln, wie dies beim Menschenblut der Fall ist.

So sind die Angaben über die Oberflächenspannung des Kälberblutes äußerst spärlich. Nun wurden im Tierphysiologischen Institut der Universität München auf Paechtners Veranlassung von Hemmer (12) darüber Untersuchungen angestellt; dabei zeigte sich, daß das Kälberblut eine größere O'sp. hatte als a priori zu erwarten war. Da für diese Untersuchungen jedoch nur zwei Kälber zur Verfügung standen, erhielt ich von Herrn Professor Dr. J. Paechtner die Anregung, die O'sp. des Kälberblutes an einer größeren Anzahl von Tieren festzustellen, was zugleich die Bestimmung der Dichte miteinschließt. — Auch schien es von Interesse, ob auch — außer der O'sp.-Messung mit Hilfe des Traube'schen Stalagmometers — andere Methoden, wie z. B. die Anwendung der Michaelis'schen Kapillaren, die bei sehr dünnflüssigen Medien äußerst genaue Ergebnisse liefern — diesem Zwecke dienlich sein können.

Ferner sollte untersucht werden, ob die Meiostagminreaktion (Ascoli) bei Tuberkulose positive Werte ergibt.

Die gründliche Einarbeitung in die Versuchstechnik erfolgte im Tierphysiologischen Institut der Universität München in der Zeit vom 16. Januar 1936 bis 30. Juli 1937, während die eigentlichen Versuche teils in Konstanz (März 1936 und Februar/März 1937), teils in oben genanntem Institut ausgeführt wurden

II. Versuchstiere und Blutentnahme.

Den größten Teil der Blutproben erhielt ich vom Konstanzer Schlachthof, während des Monats März der Jahre 1936 und 1937, wozu mir Herr Schlachthofdirektor Dr. F. Häfele freundlicherweise die Erlaubnis gab. Die übrigen kamen teils aus dem Geburtshilfl. Institut, dessen Vorstand Herr Professor Dr. A. Abelein mir die Blutentnahme stets gern gestattete, teils aus dem Stall des Herrn Bürgermeister Fetscher, Gampenhof bei Pfullendorf.

An dieser Stelle sei es mir gestattet, den genannten Herren meinen besten Dank auszusprechen.

Das Serum für die Meiostagminreaktion war von einem tuberkulösen Bullen, das vom Reichsgesundheitsamt Berlin erhalten wurde.

Die Blutentnahme im Konstanzer Schlachthaus erfolgte bei dem ersten Stich während der Schlachtung, wobei besonders darauf geachtet wurde, daß der Schlund dabei nicht angeschnitten wurde. Es wurde nicht das sofort nach dem Stich in die Vena jugularis ausfließende Blut verwendet, sondern erst nachdem es etwa 30 Sekunden geflossen war, wurde das Blut, das den Untersuchungen diente, aufgefangen. Die übrigen Blutproben wurden auf die beim Rind übliche Weise entnommen. Mit Hilfe eines Strickes wurde die Vena jugularis gestaut und durch Einstich einer Kanüle in diese das Blut gewonnen. Das Blut der Proben Nr. 1—56 wurde in mit Paraffin ausgegossenen Glasgefäßen, das Blut der Proben Nr. 57—100 in gewöhnlichen Glasgefäßen aufgefangen, nachdem vorher festgestellt wurde, daß die mit Paraffin ausgegossenen Gläser die Gerinnung nicht besser verzögerten als die nicht mit Paraffin behandelten. Sämtlichen Blutproben wurde zur Verzögerung der Gerinnung Heparin (0,01 mg pro ccm) der Firma Promonta, Hamburg, zugesetzt.

A. Oberflächenspannung.

Die gegenseitige Anziehung der Moleküle ist besonders groß in Flüssigkeiten. Wohl sind die kleinsten Teilchen einer Flüsssigkeit beliebig gegeneinander verschiebbar, sie kann ihre Form ständg ändern, aber sie hat nicht mehr die Fähigkeit, jeden beliebigen Raum vollständig zu erfüllen wie gasförmige Stoffe, sondern nimmt fast unabhängig vom Druck (bei gleicher Temperatur) immer dasselbe Volumen ein. Die Entfernung eines Moleküls von den jeweiligen Nachbarmolekülen bleibt also immer gleich, da die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen, trotz aller Beweglichkeit derselben, verhindern, daß sie sich voneinander entfernen. Ein Molekül im Innern einer Flüssigkeit wird von allen jeweilig benachbarten Molekülen angezogen; da diese Anziehungskräfte nach allen Richtungen im Mittel dieselben sind, heben

sie sich gegenseitig auf, sodaß ein Molekül nach allen Richtungen des Raumes wenigstens theoretisch ohne Arbeitsaufwand verschoben werden kann.

Die Verschiebung der Flüssigkeitsteilchen gegeneinander erfordert in Wirklichkeit immerhin mehr oder weniger Arbeit; den Widerstand der Teilchen gegen eine Verschiebung bezeichnet man als **innere Reibung, Viskosität oder Zähigkeit.**

Anders verhält sich die Sache bei einem Molekül, das sich an der Oberfläche einer Flüssigkeit befindet. Hier ist die Anziehung seitens der Nachbarmoleküle nicht allseitig gleich, sondern je nach Art und Beschaffenheit der angrenzenden Phasen verschieden. Ein in der Nähe der Oberfläche befindliches Molekül erfährt gegen das Innere der Flüssigkeit eine stärkere Anziehung als nach außen hin. Die Folge davon ist, daß ein gegebenes Flüssigkeitsvolumen das Bestreben hat, eine möglichst kleine Oberfläche, also Kugelform, anzunehmen. Wenn keine anderen Kräfte, wie etwa die Erdschwere, diesem Betreben entgegenwirken, nimmt die Flüssisgkeit, wie sich an freifallenden Tropfen beobachten läßt, tatsächlich Kugelgestalt an. Da der Wirkungsradius der Anziehungskräfte eines Moleküls nur ein sehr beschränkter (einige Hunderttausendstel Millimeter) ist, erfahren nur die in der Oberfläche liegenden Moleküle einen merklichen Zug gegen das Flüssigkeitsinnere, sodaß wirklich nur die Oberfläche der Sitz dieser oberflächenverkleinernden Kräfte ist. Eine Oberfläche einer Flüssigkeit, z. B. eines Tropfens, verhält sich also so, als wäre sie mit einer gespannten Membran überzogen; wir schreiben ihr daher eine Spannung, die **Oberflächenspannung,** zu. Um sie zahlenmäßig ausdrücken zu können, definiert man sie als die Kraft, mit der sich ein qcm der Flüssigkeitsoberfläche zu verkleinern trachtet. Sie ist wohl eine Folge der Kohäsion der Flüssigkeit, aber nicht allein durch diese bedingt, sondern auch wesentlich abhängig von dem Medium, an das die Flüssigkeit grenzt. Die Moleküle dieses Mediums (etwa der Luft, einer anderen Flüssigkeit oder einer festen Wandung) üben ihrerseits eine Anziehung auf die Flüssigkeitsmoleküle der Oberfläche aus, wodurch die Anziehungswirkung der inneren Flüssigkeitsmoleküle eine Verminderung erfährt. Man kann daher nicht von einer Oberflächenspannung einer Flüssigkeit schlechtweg sprechen, sondern nur von einer Grenzflächenspannung gegen ein bestimmtes Medium. Auf diese Tatsache wird besonders auch von Herbert Mills und L. R. Percy (22) aufmerksam gemacht. Die Oberflächenspannung z. B. eines Oeltropfens in Luft, ist eine andere als die eines in Wasser befindlichen.

Jede Oberflächenvergrößerung erfordert daher einen Arbeitsaufwand, denn eine solche bedeutet ja nichts anderes als ein Hineinbringen neuer Moleküle in die Oberfläche, wobei gegen den Zug, den die Moleküle der Oberfläche aufeinander ausüben, Arbeit geleistet werden muß.

Die Oberflächenspannung, bezogen auf die Flächeneinheit, nimmt aber, zum Unterschied von der Spannung einer elastischen Membran, mit der Vergrößerung der Oberfläche nicht zu, sondern bleibt konstant; denn die Oberflächenspannung hängt ja nur von den im Wirkungsradius der Oberflächenmoleküle gelegenen Nachbarmolekülen ab, deren Zahl pro Flächeneinheit, wegen der konstanten Entfernung der Flüssigkeitsmoleküle, immer dieselbe bleibt. Die Intensität der Oberflächenspannung ist also von der Größe der Grenzfläche unabhängig und bei gleicher Temperatur nur durch die Natur dieser Fläche (Art der aneinandergrenzenden Medien) bestimmt. Sie ist nur eine Intensitätsgröße, keine Energieleistung, die Oberflächenenergie ist = Oberflächenspannung × Oberfläche.

Durch gelöste Substanzen wird die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit häufig beträchtlich herabgesetzt, wenn diese sich obendrein in der Oberfläche anreichern, d. h. adsorbiert werden. Wir nennen solche Stoffe, wie Seifen, Saponine, Narkotica usw. **oberflächenaktive Stoffe.** Lösungen von solchen Stoffen in Wasser zeigen gegenüber dem reinen Lösungsmittel geänderte Eigenschaften, neigen zur Schaumbildung, setzen also einer Vergrößerung der Oberfläche geringen Widerstand entgegen.

So ist auch die **Oberflächenspannung des Blutes,** die innerhalb beträchtlicher Grenzen schwanken kann, geringer als die des Wassers. Sie wird im wesentlichen bedingt durch den Gehalt des Blutes an oberflächenaktiven Stoffen, von welchen ganz besonders den Bluteiweißkörpern, gallensauren Salzen und niederen Fettsäuren die Hauptrolle zukommt.

Man unterscheidet eine dynamische und eine statische Oberflächenspannung. Demnach auch zwei Meßarten, eine dynamische und eine statische Methode. Beide Methoden geben für reine Flüssigkeiten annähernd gleiche Werte. Der Uebergang von der dynamischen auf die statische Spannung geht anfangs sehr schnell, später viel langsamer vor sich wie bei allen Adsorptionserscheinungen.

Von den zahlreichen Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung fanden für diese Arbeit das Traube'sche Stalagmometer (Tropfenzählmethode) und die Michaelis'schen Kapillaren (Steighöhendifferenzmethode) Anwendung.

1. Bestimmung der dynamischen Oberflächenspannung mit dem Stalagmometer nach Traube.

a) Schrifttum.

In der Literatur nehmen die Arbeiten über die Meßmethoden den größten Umfang ein. Normalwerte über die Oberflächenspannung des Blutes unserer Haustiere sind sehr selten im Gegensatz zur O'sp. des

Menschen. So gibt Luy (19) die O'sp. des Serums gesunder Pferde mit 56,5 Dyn/cm und jenes von an inf. Anämie erkrankter Pferde mit 57,1 Dyn/cm an. Du Noüy (23), der die O'sp. des Hundeserums mit Hilfe des Tensiometers bestimmte, fand 61,6 Dyn/cm. Benhamon und Béguet (5) fanden eine O'sp. des Serums gesunder Menschen von 53—57 Dyn/cm, die abnimmt bei Krankheiten und bei Genesung wieder ansteigt. R. Brinkman (8) bestimmte die O'sp. des menschlichen Blutes zu 55—57 Dyn/cm. Eine Verminderung der O'sp. des menschlichen Blutes bei Krankheiten konnten auch Clerc, Paris, Deschamps und Sterne (9) feststellen. Die von ihnen gefundenen Werte betragen bei 15° C für Blut gesunder Menschen 98—100 Tropfen, für Blut ikterischer Menschen 115—120 Tropfen.

Bezüglich der Konstanz der O'sp. konnte Beckmann (4) feststellen, daß diese im Serum normaler Menschen, gemessen mit der Ringmethode, großen Schwankungen unterliegt. Hingegen fanden Adlersberg und Singer (1) bei der Untersuchung der dynamischen O'sp. mit dem Stalagmometer, daß diese vom Organismus reguliert und konstant erhalten wird.

Auch der Einfluß der Nahrung auf die O'sp. wurde beim Menschen untersucht. Dabei kamen Benhamon und Béguet (6), (die die O'sp. nach Genuß von Nahrungsmitteln im Verlauf von 2 Stunden in Zwischenräumen von 20′ bestimmten) zu dem Ergebnis, daß sie nach Fleisch- und Milchgenuß stark und rasch sinkt, um später wieder zur Norm oder sogar darüber zurückzukehren. Adlersberg und Singer (1) jedoch fanden nach der Mahlzeit eine Tendenz zu geringer Erhöhung der O'sp.

Jendrassik und Geldrich (15) glaubten einen Zusammenhang zwischen O'sp. und Wasserstoffionenkonzentration gefunden zu haben. Indem sie dem Serum steigende Mengen von n/10 HCl zusetzten, fanden sie, daß das Herabsetzen des pH die O'sp. in geringem Maße erhöht. Als Normalwert für Pferdeserum wird von ihnen 63,2—61,6 Dyn/cm angegeben.

Die Gravidität erniedrigt nach Solowiew (25) die O'sp. des menschlichen Serums; nach der Geburt steigt sie wieder zur Norm an. Zu demselben Ergebnis kam Eufinger (11); er führte dies auf das Auftreten von Eiweißspaltprodukten, besonders Gallenbestandteilen, die infolge der bei der Schwangerschaft veränderten Leberfunktion auftreten, zurück.

Nach Du Noüy und Lecomte (23) ist die Größe der O'sp. kolloidaler Lösungen, insbesondere auch des Serums, keine konstante, sondern sie erfährt eine zeitliche Abnahme. Der Abfall für Serum beträgt 3—6 Dyn/cm in 30 Minuten. Tominaga (26) stellte eine Abnahme der O'sp. des Kaninchenserums mit der Zeit fest.

b) Eigene Untersuchungen.

1. Versuchstechnik.

a) Prinzip der Meßmethode.

Gewöhnlich bestimmt man die Oberflächenspannung (gegen Luft) aus der Anzahl der Tropfen, die ein gegebenes Flüssigkeitsvolumen beim langsamen Auslaufen durch eine Röhre (Stalagmometer) bildet (Quincke, Traube). Infolge der O'sp. erfolgt das Ausfließen, wenn es sehr langsam vor sich geht, nicht in Form eines kontinuierlichen Strahles, sondern es bildet sich an der Röhrenöffnung ein hängender Tropfen aus, der langsam größer wird und schließlich infolge seines Gewichtes abreißt. Da die Zerteilung einer Flüssigkeit in Tropfen eine Vergrößerung ihrer Oberfläche bedeutet, wird der Widerstand gegen diese Vergrößerung bei Flüssigkeiten mit hoher Oberflächenspannung größer sein.

Unter den bei Zimmertemperatur flüssigen Stoffen hat Wasser gegen Luft fast die größte O'sp., eine noch größere hat Quecksilber. Hingegen haben Flüssigkeiten, wie Oel, Alkohol, Aether, eine kleinere O'sp., sie bilden daher leichtere und kleinere Tropfen als Wasser. Im Traube'schen Stalagmometer wird die Zahl der Tropfen, die ein gegebenes, durch Marken abgegrenztes Flüssigkeitsvolumen beim langsamen Ausfließen bildet, gemessen. Der Vergleich dieser Tropfenzahl mit der beim selben Instrument unter gleichen äußeren Bedingungen für Wasser erhaltenen (Wasserwert) ergibt die relative Oberflächenspannung, aus der man weiter unter Zugrundelegung der absoluten Oberflächenspannung des Wassers und Berücksichtigung der Dichte die gesuchte O'sp.

$$\gamma = 74 \cdot S \cdot \frac{Zw}{Z} \text{ Dyn/cm}$$

erhält. In dieser Formel bedeuten 74 die O'sp. des Wassers (das Literaturmittel ist heute 74,4 . 0,981 = 72,98 Dyn/cm), S das spez. Gewicht des Blutes, Zw. die Zahl der Wassertropfen des benützten Stalagmometers (von mir zu 51,643 bestimmt), Z die Anzahl der Bluttropfen, sämtlich bei 18° C.

Die Bestimmung der O'sp. erfordert also gleichzeitig die Bestimmung der Dichte. Ich führte diese mit der Westphal'schen Wage aus. Näheres über Methode und Ergebnis dieser Dichtebestimmungen siehe Kapitel C.

b) Ausführung der Messungen.

Nachdem ich mich in zahlreichen Vorversuchen davon überzeugt hatte, daß zur Erzielung zuverlässiger Werte größte Reinheit (Fettfreiheit) des Stalagmometers unerläßliche Vorbedingung ist, worauf auch Junker (16) hinweist, habe ich die Reinigung nach jedem Versuch wie folgt vorgenommen:

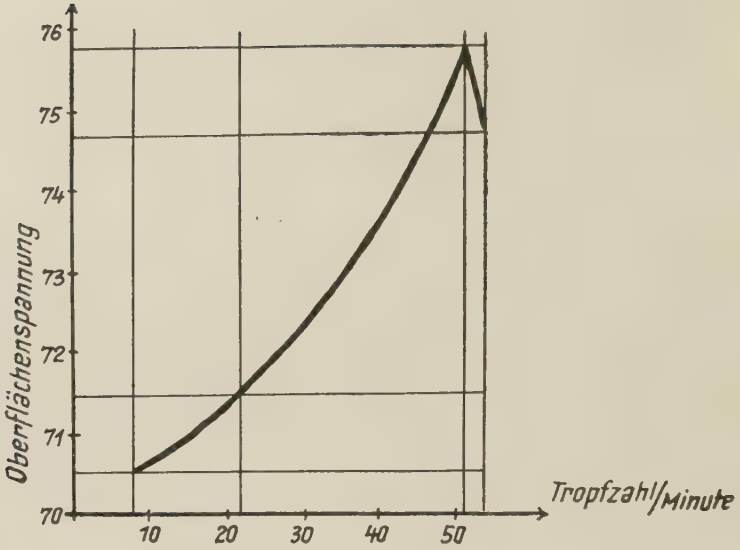
1. Spülung mit Leitungswasser bis Spülflüssigkeit vollkommen farblos und keine Unreinheiten im Stalagmometer mehr sichtbar.
2. Langsames Durchsaugen von Natriumbichromatschwefelsäure.
3. Spülung mit destilliertem Wasser, bis Spülflüssigkeit vollkommen farblos.
4. Kurzes Durchsaugen von 0,9 % NaCl-Lösung.
5. Spülung mit Versuchsblut.
6. Versuch mit einer Tropfgeschwindigkeit von 7—8 Tropfen in der Minute (Spontantropfgeschwindigkeit).

Diese Versuche wurden stets mit demselben Stalagmometer im Anschluß an die Dichtebestimmung der betreffenden Blutprobe gemacht. Temperatur 18° C. Jede Probe wurde zweimal stalagmometrisch gemessen. Der Unterschied zwischen beiden Messungen betrug im Durchschnitt 0,17—0,22 Tropfen. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte. Bezüglich der Einzelheiten der stalagmometrischen Messung selbst verweise ich auf die Gebrauchsanweisung von J. Traube (27).

Da die Tropfenzahl nicht unabhängig von der **Tropfgeschwindigkeit** ist und infolgedessen durch verschieden schnelles Ausfließen von Blutproben verschiedener Viskosität die Vergleichbarkeit der Werte beeinträchtigt werden könnte, bestimmte ich den Einfluß der Abtropfgeschwindigkeit des Blutes in einigen besonderen Versuchen; hierbei wurde die Tropfgeschwindigkeit durch Ueberdruck von 7—8 Tropfen bis auf 54 Tropfen/Min. variiert. Die Ergebnisse dieser Bestimmung sind veranschaulicht in

Tabelle I.

Nr.	Tag und Zeit der Blutentnahme	Gewicht kg	Alter	Geschl.	Tropfenzahl pro Min.	Tropfenzahl	O'sp. in Dyn/cm
53	29. 5. 36, 3.00	60	3 W.	m.	8	56.30	70.49
53	29. 5. 36, 3.00	60	3 W.	m.	22	55.56	71.41
53	29. 5. 36, 3.00	60	3 W.	m.	52	52.24	75.72
53	29. 5. 36, 3.00	60	3 W.	m.	52	52.56	
53	29. 5. 36, 3.00	60	3 W.	m.	54	53.19	74.65



Tatsächlich zeigt sich, daß gerade beim Blut die Abhängigkeit der Tropfenzahl von der Abtropfgeschwindigkeit abhängt. Ich maß deshalb stets bei der Spontantropfgeschwindigkeit von 7—8 Tropfen und bestimmte auch den oben erwähnten Wasserwert (51,643) bei derselben Tropfgeschwindigkeit.

Der Einfluß des zugesetzten **Heparins** auf die O'sp. ist — wie folgender Versuch zeigt — praktisch gleich Null.

6. 3. 36 dest. H_2O	bei 18° C:	51,643 Tropfen
dest. H_2O + Heparin	bei 18° C:	51,643 Tropfen

Um eine Beeinflussung der O'sp. durch die **Senkungsgeschwindigkeit** der zelligen Blutbestandsteile nach Möglichkeit auszuschalten, wurde das Versuchsblut vor den Versuchen jeweils durch Umrühren gut durchmischt. Zudem ist ja die Senkungsgeschwindigkeit des Rinderblutes, ganz besonders des Kälberblutes, so gering, daß sie auf die kurze Versuchsdauer — 10—15 Minuten — kaum von Einfluß sein dürfte.

Ueber den Einfluß, den das Alter des aus der Ader entnommenen Blutes auf die O'sp. ausübt, habe ich an mehreren Proben zahlreiche Versuche ausgeführt, auf die ich in Kap. A, S. 20 zurückkomme; er ist, wenn das Blut nur hinreichend vor der Messung durchgeschüttelt wird, gering.

2. Ergebnisse.

Tabelle II.

Nr.	Tag und Zeit der Blutentnahme:	Gewicht kg:	Alter Wochen:	G.:	Rasse:	Tropfenzahl	O'sp. Dyn/cm:	Dichte:
1	2. 3. 36, 10.05	180	22	w	H	64.024	62.35	1.0446
23	12. 3. 36, 10.30	dasselbe	23			63.348	63.13	1.0468
2	2. 3. 36, 10.12	200	26	w	H	64.000	62.64	1.0490
24	12. 3. 36, 10.35	dasselbe	27			63.957	62.79	1.0515
3	2. 3. 36, 10.20	120	13	w	H	63.745	61.25	1.0217
25	12. 3. 36, 10.40	dasselbe	14			geronnen!		
4	2. 3. 36, 10.25	240	35	w	H	56.977	70.39	1.0499
26	12. 3. 36, 10.45	dasselbe	36			62.208	64.25	1.0460
5	2. 3. 36, 10.30	225	34	w	H	58.599	68.37	1.0487
27	12. 3. 36, 10.50	dasselbe	35			60.594	66.14	1.0490
6	2. 3. 36, 11.26	220	26	m	H	58.042	69.01	1.0482
28	12. 3. 36, 13.30	dasselbe	27			59.834	66.80	1.0460
7	2. 3. 36, 11.35	150	21	w	H	56.609	70.86	1.0500
29	12. 3. 36, 13.35	dasselbe	22			63.000	63.64	1.0500
8	2. 3. 36, 11.42	110	10	w	Zw H	59.891	66.66	1.0450
30	12. 3. 36, 13.40	dasselbe	11			57.479	69.38	1.0440
9	2. 3. 36, 11.47	110	10	w	Zw H	58.978	65.49kr.	1.0114
31	12. 3. 36, 13.45	dasselbe	11			55.667	71.83ges.	1.0460
10	9. 3. 36, 11.00	68	4	w	H	57.509	69.62	1.0490
11	9. 3. 36, 11.03	70	4	w	H	geronnen!		
12	9. 3. 36, 11.07	69	4	m	H	geronnen!		
13	9. 3. 36, 11.12	112	6	m	H	geronnen!		1.0500
14	9. 3. 36, 11.20	72	4	w	H	58.195	68.78	1.0479
15	9. 3. 36, 11.30	87	5	m	H	geronnen!		
16	9. 3. 36, 11.35	85	5	w	H	58.222	68.98	1.0509
17	9. 3. 36, 11.38	84	5	m	H	58.818	68.10	1.0470
18	9. 3. 36, 11.45	82	5	m	H	59.653	66.78	1.0420
19	11. 3. 36, 13.30	70	4	m	H	57.250	69.42	1.0400
20	11. 3. 36, 13.40	68	4	m	H	57.217	69.75	1.0450
21	11. 3. 36, 13.50	66	4	w	H	57.174	70.10	1.0490
22	11. 3. 36, 14.10	70	4	w	H	geronnen!		(1.0400)?
32	16. 3. 36, 11.45	68	4	w	H	57.222	69.55	1.0420
33	18. 3. 36, 13.10	67	4	m	H	58.917	68.00	1.0490
34	18. 3. 36, 13.40	63	3	w	H	57.538	69.03	1.0400
35	18. 3. 36, 13.50	72	4	m	H	57.124	69.97	1.0460
36	19. 3. 36, 11.35	68	4	m	H	56.625	70.32	1.0420
37	23. 3. 36, 11.20	82	5	w	H	57.869	68.91	1.0440

Nr.	Tag und Zeit der Blut-entnahme:	Ge-wicht kg:	Alter Wochen:	G.:	Rasse:	Tropfen-zahl	O'sp. Dyn/cm:	Dichte:
38	23. 3. 36, 11.30	67	4	m	H	geronnen!		
39	23. 3. 36, 11.40	65	3—4	m	H	56.766	69.89	1.0390
40	23. 3. 36, 14.05	68	4	m	H	geronnen!		
41	23. 3. 36, 14.25	69	4	m	H	geronnen!		
42	23. 3. 36, 14.45	65	3—4	m	H	55.550	71.50	1.0400
43	25. 3. 36, 12.25	69	4	w	H	58.208	68.95	1.0505
44	25. 3. 36, 12.28	66	3—4	w	H	57.667	69.08	1.0430
45	25. 3. 36, 12.30	91	6	m	H	57.042	70.22	1.0486
46	25. 3. 36, 12.35	80	5	m	H	57.100	69.97	1.0460
47	25. 3. 36, 12.40	89	6	m	H	55.760	71.26	1.0400
48	25. 3. 36, 12.42	91	6	m	H	geronnen!		
49	25. 3. 36, 12.45	85	5	m	H	61.180	65.58	1.0500
52	11. 5. 36, 10.00	33	28 St.	m	S	61.587	64.68	1.0430
57	24. 2. 37, 14.00	82	5	m	H	58.111	68.33	1.0390
58	24. 2. 37, 14.00	70	4	m	H	56.750	70.17	1.0420
59	24. 2. 37, 14.00	48	3	m	H	56.060	70.93	1.0405
60	24. 2. 37, 14.00	75	5	m	H	55.957	70.89	1.0380
61	25. 2. 37, 14.15	68	4	w	H	58.020	68.30	1.0370
62	25. 2. 37, 14.15	55	4	w	A	57.240	70.24	1.0520
63	25. 2. 37, 14.20	89	6	w	H	geronnen!		1.0520
64	25. 2. 37, 14.20	70	4	m	H	geronnen!		
65	25. 2. 37, 14.30	98	6	m	H	geronnen!		
66	1. 3. 37, 14.00	81	5	m	H	Flasche zerbrochen!		
67	1. 3. 37, 14.00	72	4	m	H	62.245	64.28	1.0470
68	1. 3. 37, 14.05	86	5	m	H	56.091	71.60	1.0510
69	1. 3. 37, 14.10	79	5	m	H	56.169	70.83	1.0410
71	2. 3. 37, 14.15	70	4	m	S	57.334	69.82	1.0475
72	3. 3. 37, 13.45	80	5	w	H	58.957	67.48	1.0410
73	3. 3. 37, 13.55	82	5	m	H	57.234	68.77	1.0300
75	3. 3. 37, 14.15	73	4	m	A	60.000	66.75	1.0480
77	8. 3. 37, 13.30	92	6	m	H	58.250	68.16	1.0390
78	8. 3. 37, 13.40	90	6	m	H	58.124	68.71	1.0450
79	8. 3. 37, 14.00	92	6	w	H	59.125	67.84	1.0495
80	8. 3. 37, 14.00	78	5	m	H	59.553	67.38	1.0500
81	10. 3. 37, 13.10	80	5	m	H	60.422	65.77	1.0400
82	10. 3. 37, 13.30	64	3—4	w	H	57.391	69.92	1.0500
83	10. 3. 37, 13.45	54	3	w	H	59.291	67.81	1.0520

Nr.	Tag und Zeit der Blutentnahme:	Gewicht kg:	Alter Wochen:	G.:	Rasse:	Tropfenzahl	O'sp. Dyn/cm:	Dichte:
84	10. 3. 37, 14.00	100	6—7	m	H	57.130	69.70	1.0420
85	11. 3. 37, 14.30	82	5	m	H	57.083	69.76	1.0420
86	11. 3. 37, 14.40	61	3	w	H	56.652	70.36	1.0430
87	11. 3. 37, 14.40	82	5	w	H	58.785	68.26	1.0500
88	11. 3. 37, 15.05	72	4	m	A	57.125	69.97	1.0460
89	11. 3. 37, 15.10	80	5	w	A	58.348	69.03	1.0540
90	15. 3. 37, 13.10	87	5	m	H	56.213	70.91	1.0430
91	15. 3. 37, 13.15	82	5	m	H	58.074	68.73	1.0445
92	15. 3. 37, 13.25	90	6	m	H	56.840	69.79	1.0380
93	17. 3. 37, 13.10	77	4—5	m	H	57.895	69.11	1.0470
94	17. 3. 37, 13.35	81	5	m	H	geronnen!		
95	17. 3. 37, 14.10	80	5	m	H	57.630	69.82	1.0530
96	17. 3. 37, 14.50	77	4—5	m	A	58.611	67.81	1.0400
97	17. 3. 37, 15.10	89	6	m	H	57.704	69.14	1.0440
98	19. 3. 37, 15.20	71	4	m	H	58.534	67.96	1.0410
99	19. 3. 37, 15.35	81	5	m	H	57.591	68.48	1.0320
100	19. 3. 37, 15.45	86	5—6	w	H	62.524	64.05	1.0480

Die Kälber Nr. 8 und 9 bzw. 30 und 31 sind Zwillinge. Nr. 9 zeigte bei der ersten Blutentnahme (2. 3. 36) gestörtes Allgemeinbefinden und Hautausschlag; beide Erscheinungen waren bei der zweiten Blutentnahme (12. 3. 36) nicht mehr vorhanden.

H = Höhenfleckvieh
A = Graubraunes Höhenrind
S = Schwarzbuntes Niederungsrind
m = männlich
w = weiblich.

a) Oberflächenspannung und Körpergewicht.

Ordnet man diese Ergebnisse nach einzelnen Gewichtsklassen, so erhält man:

Tabelle III.

Körpergew. kg	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
unter 50	67.81	2	70.93	64.68	6.25
51—100	68.94	57	71.60	64.05	7.55
101—150	67.27	6	71.83	61.25	10.58
151—200	62.94	4	63.13	62.35	0.78
201—240	66.82	6	70.39	64.25	6.14

Oberflächlich betrachtet scheint hier keine Beziehung zwischen Körpergewicht und O'sp. zu bestehen. Bedenkt man aber, daß für die Gruppe „unter 50 kg" nur zwei und für die Gruppe „über 100 kg" in Vergleich zu der Gruppe „51—100 kg" sehr wenig Versuchstiere zur Verfügung standen, so ist es vielleicht gestattet, die Gruppen wie folgt zu bilden:

Tabelle IV.

Körpergew. kg	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
unter 100	68,38	59	71.60	64.05	7.55
101—150	67.27	6	71.83	61.25	10.58
151—240	64.88	10	70.39	62.35	8.04

Vergleicht man hiermit die Mittelwerte, die Hemmer (12) für seine Kuh I und Kuh II gefunden hat:

Kuh I 654 kg: 63,0 Dyn/cm
Kuh II 570 kg: 63,8 Dyn/cm,

so kommt man zu dem Ergebnis, daß — wenn man die Hemmer'schen Werte als Normalwerte bezeichnen darf — mit zunehmendem Körpergewicht bzw. im Lauf der Körperentwicklung und der damit einhergehenden Umstellung der Stoffwechselvorgänge die Oberflächenspannung abnimmt.

b) Oberflächenspannung und Alter.

Eine Zusammensetzung der Ergebnisse nach verschiedenen Altersklassen ergibt

Tabelle V.

Alter (Wochen)	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
bis zu 4	69.24	9	71.50	64.68	6.82
4	68.99	18	70.32	64.28	6.04
4—5, 5	68.75	23	71.60	65.58	6.02
5—6, 6, 6—7	68.76	9	71.26	64.05	7.21
10—15	67.28	4	71.83	61.25	10.58
21—36	65.86	12	70.86	62.35	8.51

Wie hieraus ersichtlich ist, nimmt die O'sp. innerhalb der untersuchten Altersgrenzen von 28 Stunden bis 36 Wochen mit zunehmendem Alter ab.

c) Oberflächenspannung und Geschlecht.

Die Tabelle VIc läßt erkennen, daß das Gesamtmittel der Stierkälber das der Kuhkälber um 1,52 Dyn/cm übersteigt. Die Anzahl der Versuchstiere dürfte jedoch zu gering sein, um dieses Ergebnis als Gesetz zu betrachten. — Viel eher wäre zu erwarten, daß die männlichen und weiblichen Gesamtmittelwerte einander gleichkämen. Denn in dem jugendlichen Alter der Versuchskälber sind die Merkmale der Geschlechter noch so wenig ausgeprägt, daß man auch nicht erwarten kann, daß das Blut irgendwelche Verschiedenheiten in seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften aufweisen würde.

Tabelle VIa.

Männliche Tiere.

Körpergew. kg	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
unter 50	67.81	2	70.93	64.68	6.25
51—100	69.05	39	71.60	64.28	7.32
101—150	—.—	—	—.—	—.—	—.—
151—200	—.—	—	—.—	—.—	—.—
201—240	67.91	2	69.01	66.80	2.21

Tabelle VIb.

Weibliche Tiere.

Körpergew. kg	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
unter 50	—.—	—	—.—	—.—	—.—
51—100	68.70	18	70.36	64.05	6.31
101—150	67.27	6	71.83	61.25	10.58
151—200	62.94	4	63.13	62.35	0.78
201—240	66.39	4	70.39	64.25	6.14

Tabelle VIc.

Gesamtmittel.

43 männliche Tiere:	68.94 Dyn/cm
32 weibliche Tiere:	67.42 „
Schwankungsbreite	1.52 Dyn/cm

d) Oberflächenspannung und Rasse.

Auch hier ist die Anzahl der Versuchstiere zu gering, um eine Beeinflussung der O'sp. durch die Rasse feststellen zu können. Vollständigkeitshalber seien hier die Ergebnisse zusammengefaßt in der

Tabelle VII.

Rasse:	Mittelwerte Dyn/cm:	Anzahl der Tiere:	Maximum Dyn/cm:	Minimum Dyn/cm:	Schwankungsbreite:
Höhenfleckvieh:	68.98	52	71.60	64.05	7.55
Graubraunes Höhenrind:	68.76	5	70.24	66.75	3.49
Schwarzbuntes Niederungsrind:	67.25	2	69.82	64.68	5.14

e) Die Konstanz der Oberflächenspannung.

Bezüglich der Konstanz der O'sp. wurde folgendes festgestellt: Betrachtet man die Werte (Tabelle II) für die Proben Nr. 1 und 23, 2 und 24, 4 und 26, 5 und 27, 6 und 28, 7 und 29 und 8 und 30, die jeweils vom selben Tier stammen, so ist daraus leicht ersichtlich, daß die O'sp. keine konstante ist, ja, daß sie innerhalb des Zeitraumes von 10 Tagen ganz beträchtlichen Schwankungen unterworfen sein kann und zwar sowohl nach der positiven als auch nach der negativen Seite hin. Tabelle VIII veranschaulicht dies deutlich. — Ob und inwieweit hierfür die Fütterung verantwortlich zu machen ist, war nicht zu ermitteln.

Ein ähnliches Verhalten der Konstanz der O'sp. fand Beckmann (4) bei der Untersuchung des Serums normaler Menschen, während Adlersberg und Singer (1) für ein Gleichbleiben der O'sp. eintreten.

Tabelle VIII.

Probe Nr.	1. Messung:	2. Messung:	Schwankungsbreite:
1, 23	62.35 Dyn/cm	63.13 Dyn/cm	0.78 Dyn/cm
2, 24	62.64 „	62.79 „	0.15 „
4, 26	70.39 „	64.25 „	6.14 „
5, 27	68.37 „	66.14 „	2.23 „
6, 28	69.01 „	66.80 „	2.21 „
7, 29	70.86 „	63.64 „	7.22 „
8, 30	66.66 „	69.38 „	2.72 „

Die Schwankungsbreite der O'sp. in diesen mit einem 10tägigen Abstand entnommenen Blutproben ist also ziemlich erheblich und erreicht

hier maximal 7.22 Dyn/cm, d. i. rund 11 % des Wertes. Auch bei den von Hemmer in den ersten Lebenswochen laufend untersuchten Kälbern schwankt die O'sp. um etwa denselben Betrag.

f) Die Hemmer'schen Werte

lauten:

		Maximum:	Minimum:
für Kalb I im Mittel:	69.8 Dyn/cm	73.6	60.6
„ „ II „ „	70.9 „	74.1	66.4

Errechnet man aus Tabelle VIc das Gesamtmittel für meine Versuche, so erhält man: 68.29 Dyn/cm, ein Wert, der die Hemmer'schen nicht ganz erreicht, ihnen aber doch nahe kommt. Da meine Tiere im Durchschnitt einige Wochen älter waren, ist der Unterschied leicht zu verstehen, da ja die O'sp. sowohl nach meinen Feststellungen an den Mittelwerten von Einzeltiermessungen Seite 16, wie auch nach Hemmers Befund an fortlaufenden Messungen mit dem Alter der Kälber abnimmt.

Wie schon eingangs erwähnt, fand Hemmer im Blut seiner beiden Kälber stets eine erheblich höhere O'sp. als in dem der zugehörigen Muttertiere und anderer erwachsener Rinder. Meine Versuche bestätigen diese Feststellung, wie ja schon aus der nachgewiesenen Abnahme der O'sp. mit fortschreitendem Alter hervorgeht. Auch ich fand bei einem Teil der Kälber überraschend hohe O'spannungen, die ich, soweit sie über 71.0 Dyn/cm gehen, hier anführe:

Tabelle IX.

Nr.	Alter:	O'sp. Dyn/cm:	allerdings waren Hemmers Maximalwerte
47	6 W.	71.26	73.6 (Kalb I) und 74.1 (Kalb II)
42	3—4 W.	71.50	also noch höher als meine
68	5 W.	71.60	Höchstzahlen
31	11 W.	71.83	

Dazu ist zu bemerken, daß Hemmers Kälber diese höchsten Werte nur in einem Alter von 2½ bzw. 3 Wochen zeigten und nur solange, sie reine Milchnahrung erhielten; daß bei den von mir untersuchten gleichaltrigen Tieren nicht ebenso hohe Werte angetroffen wurden, ist vielleicht auf den Einfluß der Nahrung, die bei den Schlachtkälbern nicht ermittelt werden konnte, zurückzuführen.

g) Messung von Dichte und Oberflächenspannung in verschiedenen Zeitabständen.

Tabelle X.

Nr.:	1. Messung: Dichte:	1. Messung: O'sp. Dyn/cm:	1. Messung: Zeit:	2. Messung: Dichte:	2. Messung: O'sp. Dyn/cm:	2. Messung: Zeit:	3. Messsung: Dichte:	3. Messsung: O'sp. Dyn/cm:
57	1.0390	68.33	10 Min.	1.0390	68.40			
60	1.0380	70.89	10 „	1.0380	64.89	25 Min.	1.0380	63.75
61	1.0370	68.30	10 „	1.0370	67.97			
62	1.0520	70.24	20 „	1.0520	70.02			
77	1.0390	68.16	20 „	1.0390	66.41			
76	1.0460	—.—	30 „	1.0460	68.87	24 Std.	1.0460	65.91
78	1.0450	68.71	30 „	1.0450	70.24			
81	1.0400	65.77	30 „	1.0400	65.55			
72	1.0410	67.48	60 „	1.0410	66.93			
73	1.0300	68.77	60 „	1.0300	68.29			
79	1.0495	67.84	60 „	1.0495	67.15			
80	1.0500	67.38	60 „	1.0500	68.45			
70	1.0525	—.—	60 „	1.0525	66.52	90 Min.	1.0525	68.52
74	1.0480	—.—	60 „	1.0480	67.89	120 Min.	1.0480	67.08
33	1.0490	68.00	100 „	1.0490	68.78			
36	1.0420	70.32	100 „	1.0420	70.31			
47	1.0400	71.27	120 „	1.0400	71.50			
49	1.0500	65.58	120 „	1.0500	64.80			
58	1.0420	70.17	120 „	1.0420	70.45	135 Min.	1.0420	69.92
59	1.0405	70.93	120 „	1.0405	69.73			
42	1.0400	71.50	180 „	1.0400	70,42			
44	1.0430	69.08	180 „	1.0430	68.54			
68	1.0510	71.60	180 „	1.0510	69.40			
37	1.0440	68.91	240 „	1.0440	67.83			
39	1.0390	69.89	240 „	1.0390	69.12			
9	1.0114	65.49	24 Std.	1.0114	65.34			
26	1.0460	64.25	24 „	1.0460	61.69			
27	1.0490	66.14	24 „	1.0490	65.67			
29	1.0500	63.64	48 „	1.0500	66.67			
6	1.0482	69.01	72 „	1.0482	68.99			
7	1.0500	70.86	72 „	1.0500	69.54			

Aus dieser Zusammenstellung ist keine gesetzmäßige Zu- oder Abnahme der O'sp. mit der Zeit zu erkennen. Unter den 33 wiederholten Messungen befinden sich 25 Ab- (= 76 %) und 8 Zunahmen (= 24 %)

der O'sp. Wenn man bedenkt, daß das Kälbergesamtblut keine echte, sondern eine kolloidale Lösung ist, dazu noch ein Gemisch von sehr vielerleiartigen Substanzen darstellt, da in ihm außer den gewöhnlichen Blutbestandteilen auch noch Blutzellen in ihren Jugendstadien enthalten sind, so kann man von einer solchen Lösung auch kein einheitliches Verhalten in allen ihren Eigenschaften verlangen. Die Dichte dagegen ist in allen Fällen konstant geblieben.

h) Einfluß der Blutverdünnung auf die Oberflächenspannung.

Tabelle XI.

Nr.	O'sp. Dyn/cm unverdünnt:	Verdünnung 0,9% NaCl-Lösung	:	Blut	O'sp. Dyn/cm verdünnt
82	69.92	1	:	3	70.38 +
83	67.81	1	:	2	70.39 +
84	69.70	1	:	2	70.23 +
85	69.76	1	:	2	69.57 —
86	70.36	1	:	2	70.03 —
87	68.26	1	:	2	68.99 +
87	68.26	1	:	1,5	69.80 +
88	69.97	1	:	1,5	62.31 —
89	69.03	1	:	1	68.86 —
90	70.91	1	:	1,5	70.06 —
90	70.91	1	:	1	70.74 —
91	68.73	1	:	1	69.27 +
92	69.79	1	:	1	70.84 +
93	69.11	1	:	0,75	70.96 +
95	69.83	1	:	0,75	69.21 —
96	67.81	1	:	0,75	70.13 +
97	69.14	1	:	0,75	70.97 +
98	67.96	1	:	0,75	70.43 +
99	68.48	1	:	0,75	70.66 +
100	64.05	1	:	0,75	66.66 +

In diesen untersuchten 20 Fällen hat durch die Verdünnung die O'sp. 13mal eine Zu- und 7mal eine Abnahme erfahren. Die so erhaltenen Schwankungen betragen:

für die Verdünnung	1 : 3:	0,46 Dyn/cm	(+ 0.46)
„ „ „	1 : 2:	2.91 „	(+ 2.58 — — 0.33)
„ „ „	1 : 1,5:	9.20 „	(+ 1.54 — — 7.66)
„ „ „	1 : 1:	1.22 „	(+ 1.05 — — 0.17)
„ „ „	1 : 0.75:	3,23 „	(+ 2.61 — — 0.62)

Auffallend dabei ist, daß sich trotz steigender Verdünnung die O'sp. doch etwa stets auf der gleichen Höhe gehalten hat, denn die Schwankungen gehen im allgemeinen doch nur von + 3,0 bis — 1,0 mit einer Ausnahme (Nr. 88). In den 7 Fällen der durch die Verdünnung verringerten O'sp. hat also nur eine geringe Abnahme der oberflächenaktiven Substanzen und in den 13 Fällen der vergrößerten O'sp. nur eine geringe Zunahme bzw. Anreicherung dieser Stoffe stattgefunden.

i) Messung von Dichte und Oberflächenspannung des verdünnnten Blutes in verschiedenen Zeitabständen.

Tabelle XII.

Nr.	Verdünnung: 0,9% NaCl : Blut	1. Messung: Dichte	1. Messung: O'sp. Dyn/cm	Zeit	2. Messung: Dichte	2. Messung: O'sp. Dyn/cm
89	1 : 1	1.0300	68.86	30 Min.	1.0300	69.20
97	1 : 0,75	1.0215	70.97	30 „	1.0215	68.46
98	1 : 0,75	1.0200	70.43	1 Std.	1.0200	69.70
92	1 : 1	1.0210	70.84	1½ „	1.0210	67.93
95	1 : 0,75	1.0240	69.21	2 „	1.0240	70.32
93	1 : 0,75	1.0230	70.96	4 „	1.0230	70.59
99	1 : 0,75	1.0170	70.66	5 „	1.0170	69.30
100	1 : 0,75	1.0230	66.66	5 „	1.0230	71.08
90	1 : 1	1.0240	70.74	6 „	1.0240	70.00
91	1 : 1	1.0245	69.27	6 „	1.0245	70.51
96	1 : 0,75	1.0200	70.13	7 „	1.0200	69.81

Hier gilt dasselbe wie bei der Messung von Dichte und O'sp. des unverdünnten Blutes in verschiedenen Zeitabständen.

k) Kursorischer Fall.

Bestimmung der O'sp. einer Kuh (Schwarzbuntes Niederungsrind) vor und nach der Geburt und ihres Kalbes.

Nr.	Tag und Zeit der Blutentnahme	Gewicht kg	Alter	Tropfenzahl	O'-sp. Dyn/cm
	39 Stunden vor der Geburt:				
50	8. 5. 36, 15.00	450	ca. 6 J.	66.050	60.34
	28 Stunden nach der Geburt:				
51	11. 5. 36, 10.00	450	ca. 6 J.	61.000	65.47
	Ihr Kalb (♂), 28 Std. alt:				
52	11. 5. 36, 10.00	33	28	61.587	64.68

2. Bestimmung der relativen statischen Oberflächenspannung mit den Michaelis'schen Kapillaren.

a) Schrifttum.

Mit der Oberflächenspannung stehen die Kapillarerscheinungen in direktem Zusammenhang. Tauchen wir ein enges Röhrchen (Kapillarrohr) in eine Flüssigkeit, welche die Wände des Rohres benetzt, so steigt diese im Rohr so hoch auf, bis das Gewicht der gehobenen Flüssigkeitssäule gleich der hebenden Kraft (O'sp. × innerer Rohrumfang) ist. Die „kapillare Steighöhe" ist um so größer, je größer die Oberflächenspannung ist. Umgekehrt steht der Meniskus von die Wandung nicht benetzenden Flüssigkeiten (z. B. Quecksilber) tiefer als die äußere Flüssigkeit. Benetzende Flüssigkeiten wölben sich an der Berührungsstelle mit der Gefäßwandung konkav, nicht benetzende konvex. Der Winkel, den die Flüsssigkeitsoberfläche mit der Gefäßwandung an der Berührungsstelle bildet, hängt sowohl von der Oberflächenspannung der Flüssigkeit gegen Luft, als auch von jener gegen die feste Wandung ab. Man kann sowohl die kapillare Steighöhe, als die Größe des Randwinkels zur Messung der Oberflächenspannung benützen. Erstere wurde in dieser vorliegenden Arbeit zur Messung der relativen Oberflächenspannung des Blutes verwandt.

Die zuverlässige Messung der kapillaren Steighöhe ist durch den Umstand erschwert, daß der Nullpunkt, das ist das Niveau der Flüssigkeit außerhalb der Kapillare, wegen des Randwinkels besonders bei undurchsichtigen Medien nicht genau abgelesen werden kann; außerdem muß der Radius der Meßkapillare sehr exakt bestimmt werden. Michaelis verwandte deshalb für die Bestimmung der relativen O'sp. gleichzeitig eine weite und eine enge Kapillare. Die Differenz der Steighöhen in beiden Kapillaren, die genau abgelesen werden kann, ist für ein und dasselbe Kapillarenpaar der O'sp. der Flüsssigkeit proportional. Zur Ermittlung der relativen O'sp. braucht man nur den erhaltenen Wert durch die Steighöhendifferenz des Wassers im selben Kapillarenpaar zu dividieren. Die Kenntnis der Röhrendurchmesser ist nicht nötig, es ist:

$$\sigma = \frac{(h_1 - h_2)_{\text{Blut}}}{(h_1 - h_2)_{\text{Wasser}}}$$

wenn $(h_1 - h_2)_{\text{Blut}}$

die Steighöhendifferenz für Blut

und $(h_1 - h_2)_{\text{Wasser}}$

die für Wasser bedeutet.

Angaben über die Verwendung der Michaelis'schen Kapillaren zur Bestimmung der O'sp. biolog. Flüssigkeiten sind in der Literatur

äußerst spärlich. Zum größten Teil beschränken sie sich auf die Beschreibungen dieser Methode im allgemeinen. So machen H. Mills und Percy Lucock Robinson (22) besonders darauf aufmerksam, daß man bei der O'sp.-Messung nach der Steighöhenmethode darauf zu achten hat, ob man dabei die O'sp. für das betreffende Medium gegen Luft oder Medium gegen Dampf des Mediums bestimmt. S. T. Bowden (7) erwähnt, daß bei den gewöhnlichen Apparaten zur Messung der O'sp. mit der Kapillarmethode die Kapillaren nach jeder Bestimmung neu zu reinigen seien, da sehr leicht Verunreinigungen des Meniskus eintreten können. Zur Behebung dieser Uebelstände hat er eine neue Apparatur herausgebracht.

Als ungeeignet zur Messung der O'sp. biolog. Flüssigkeiten bezeichnet v. Mazenauer (20) die Methoden, bei denen Kapillaren zur Anwendung kommen (Michaelis, Fano-Mayer, Czapek), da sie dazu zu wenig empfindlich seien.

Zum Schluß sei noch das Literaturmittel für die O'sp. des destillierten Wassers, mit der Steighöhenmethode gemessen, nach Landolt-Börnstein und auf 18 ° C umgerechnet erwähnt, da die O'sp. des destillierten Wassers wiederholt zur Kontrolle der Reinheit der Kapillaren und zur Kontrolle der Genauigkeit meiner eigenen Versuchstechnik herangezogen wurde.

Oberflächenspannung in mg/cm bei 18 °C.

Autor:		
	Weinstein	72,8
	Domke	74,5
	Grabowsky	74,3
	Volkmann	74,2
	Sudgen	74,6

Das Mittel aller Werte ist 73,95; unter Ausschluß des älteren Wertes v. Weinstein 74,4 mg/cm.

(Temperaturkorrektion pro ° C ± 0,15 mg/cm)

b) Eigene Untersuchungen.

1. Versuchstechnik.

Zur Verwendung kamen 2 Kapillarenpaare, deren Durchmesser ich, trotzdem ihre Kenntnis für die Bestimmung von Relativwerten nicht notwendig gewesen wäre, durch Auswägen mit Quecksilber genau bestimmte. Es ergaben sich in Doppelbestimmungen unter Berücksichtigung der Meniskuskorrektur (Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik) die Radien in mm:

	1. Bestimmung	2. Bestimmung	Mittel
Kap.-paar I:	r_1 = 0.2774	0.2785	0.2780
	r_2 = 0.4033	0.4064	0.4048
Kap.-paar II:	r_1 = 0.2466	0.2462	0.2464
	r_2 = 1.2110	1.2105	1.2108

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die beiden Kapillarenpaare in ihren Durchmessern erheblich von einander verschieden waren; Paar I mit verhältnismäßig geringer Differenz der Querschnitte lieferte entsprechend kleinere Steighöhenunterschiede als Paar II, bei dem die Querschnittsdifferenz wesentlich größer war. Bevor ich zur Mitteilung meiner Versuchsresultate übergehe, muß ich die zur **Reinigung** der Kapillaren angewandten Verfahren näher beschreiben. Hunderte von Vorversuchen haben ergeben, daß nur mit absolut reinen Kapillaren genaue Werte erzielt werden können. Deshalb wurde auch auf die Reinheit der Kapillaren der allergrößte Wert gelegt. Als Kriterium für die wirkliche Reinheit der Kapillaren führte ich nach jeder Reinigung Kontrollmessungen mit destilliertem Wasser aus, die nach dem später darzulegenden Verfahren dessen O'sp. ergeben mußten. Die Reinigung vollzog sich zunächst wie folgt:

Nach jeder Versuchsreihe wurden die Kapillaren 10—20 Minuten lang in $\frac{n}{4}$ KOH-Lösung gekocht und hierauf in der sich abkühlenden Lösung bis zur Wiederbenutzung stehen gelassen, wobei meist 1—3 Tage vergingen. Dann wurden sie 5 Minuten mit Leitungs-, anschließend 2 Minuten mit destilliertem Wasser und dann noch mit dem zu untersuchenden Medium gespült. —

Dieses Verfahren bewährte sich in allen Vorversuchen, die ich mit destilliertem Wasser, Furfurol reinst, Aether pro Narcosi und Methylbenzoat ausgeführt habe. Als ich aber Blut messen wollte, trat fast immer Festkleben und Gerinnung in den Kapillaren ein, sodaß eine einwandfreie Messung überhaupt nicht gelang. Ich kann deshalb auf die Mitteilung der betr. Versuche verzichten (Nr. 57—82). Da diese Gerinnungserscheinungen vielleicht durch Spuren von Alkali, die bei der Reinigung zurückgeblieben sein könnten, und auf die Kontrollmessungen mit destilliertem Wasser ohne Einfluß waren, bedingt wurden, schloß ich in allen weiteren Versuchen an die Reinigung mit Alkali noch eine Behandlung mit Bichromatschwefelsäure an. Die definitive Reinigung vollzog sich nun wie folgt:

1. Kochen der Kapillaren in $\frac{n}{4}$ KOH-Lösung, mindestens 20—30 Minuten lang,
2. Spülung mit Leitungswasser 2 Minuten,
3. Kurze Spülung mit destilliertem H_2O,
4. Einlegen der Kapillaren in Kaliumbichromat-Schwefelsäure und Durchspülung,
5. 5 Minuten langes Ab- und Durchspülen mit Leitungswasser,
6. 2 Minuten langes Spülen mit dest. H_2O,
7. Trockensaugen mit der Wasserstrahlpumpe.

Auf diese Weise wurden die Kapillaren schließlich **für jeden einzelnen Versuch** gereinigt (Nr. 82—100).

Es sei hier jedoch gleich bemerkt, daß eine zuverlässige Steighöhenmessung von Blut mit den so gereinigten Kapillaren nicht ausführbar war. Die Ursache hierfür war nun weniger in Gerinnungserscheinungen als in der hohen Viskosität des Blutes zu suchen. Der Reibungswiderstand des Blutes in den Kapillaren ist offenbar größer als die hebende Kraft der O'sp.

2. Kontrollversuche.

Die Reinheit der Kapillaren wurde im Anschluß an die nach jedem Versuch durchgeführte Reinigung durch Messung der Steighöhendifferenz von dest. Wasser kontrolliert. Diese Differenz hatte ich durch sorgfältige Messung zu verschiedenen Zeiten in zahlreichen Versuchen für beide Kapillarenpaare festgestellt:

Für das Kapillarenpaar I: $h_1—h_2 = 16.53$ mm (42 Ablesungen)

Für das Kapillarenpaar II: $h_1—h_2 = 48.80$ mm (22 Ablesungen)

Die Richtigkeit dieser Eichwerte konnte ich noch durch eine weitere Prüfung bestätigen.

Es läßt sich leicht ableiten, daß für das Kapillarenpaar

$$\sigma = f \cdot d \cdot (h_1—h_2) \text{ mg/cm},$$

sein muß, worin

$$f = \frac{r_1 \cdot r_2,}{2\ (r_2—r_1)}$$

m. a. W., daß aus der gemessenen Steighöhendifferenz und den Radien der Kapillaren und unter Berücksichtigung der Dichte des zu untersuchenden Mediums d die absolute O'sp. berechnet werden kann. Ich fand so folgende Ergebnisse:

Tabelle XIII.

I. Kapillarenpaar.

Datum:	Temperatur:	$(h_1—h_2)$	σ mg/cm
1. 2. 37	15 ° C	16,6	73,60
3. 2. 37	16 ° C	16,6	73,60
8. 2. 37	18 ° C	16,4	72.71
8. 2. 37	18 ° C	16,34	72,45
12. 2. 37	15.7 ° C	16,55	73,38
22. 2. 37	18 ° C	16,5	73,16
2. 3. 37	18 ° C	17,0	75,37
2. 3. 37	14.7 ° C	16,65	73,82

Die Werte für $(h_1—h_2)$ sind Mittelwerte aus zusammen 42 Messungen.

Nach der Temperatur-Korrektion pro ° C : ± 0,15 mg/cm erhält man:

Datum:	Temperatur:	$(h_1—h_2)$	σ mg/cm
1. 2. 37	18 ° C	16.50	73.15
3. 2. 37	18 ° C	16.53	73.30
8. 2. 37	18 ° C	16.40	72.71
8. 2. 37	18 ° C	16.34	72.45
12. 2. 37	18 ° C	16.47	73.03
22. 2. 37	18 ° C	16.50	73.16
2. 3. 37	18 ° C	17.00	75.37
2. 3. 37	18 ° C	16.54	73.33

Das Mittel für $(h_1—h_2)$ ist also: 16.53.

Daraus: σ Mittel = f . d . 16.53 = 73.29 mg/cm.

II. Kapillarenpaar.

Datum:	Temperatur:	$(h_1—h_2)$	σ mg/cm
23. 2. 37	18 ° C	49,1	75.95
25. 2. 37	17.9 ° C	49.03	75.84
2. 3. 37	14.7 ° C	49.0	75.80
2. 3. 37	14.7 ° C	49.02	75.83
3. 3. 37	12.5 ° C	49.02	75.83

Die Werte für $(h_1—h_2)$ sind Mittelwerte aus zusammen 22 Messungen.

Nach der Temperatur-Korrektion pro ° C : — 0,15 mg/cm erhält man:

Datum:	Temperatur:	$(h_1—h_2)$	σ mg/cm
23. 2. 37	18 ° C	49.10	75.95
25. 2. 37	17.9 ° C	49.03	75.84
2. 3. 37	18 ° C	48.68	75.30
2. 3. 37	18 ° C	48.70	75.33
3. 3. 37	18 ° C	48.49	75.00

Das Mittel für $(h_1—h_2)$ ist also: 48.80.

Daraus: σ Mittel = f . d . $(h_1—h_2)$ = 75.49 mg/cm.

Die Mittelwerte aus vorstehenden Bestimmungen sind also:

Kapillarenpaar I: $\sigma = 73.29$ mg/cm

Kapillarenpaar II: $\sigma = 75.49$ mg/cm

Das Literaturmittel (vgl. S. 24) beträgt 74,4 mg/cm. Es liefert also das Kapillarenpaar I einen um 1,4 % zu niedrigen, das Kapillarenpaar II einen um denselben Betrag zu hohen Wert. Diese an sich geringen systematischen Abweichungen erklären sich aus der Vernachlässigung

der sogenannten Meniskuskorrektur. Insgesamt beweisen diese an Wasser und ebenso die an verschiedenen organischen Flüssigkeiten ausgeführten Versuche, auf deren Wiedergabe ich verzichten darf, die gute Brauchbarkeit der Steighöhendifferenzmethode für dünnflüssige, homogene Flüssigkeiten.

Der Einfluß des bei Blutmessungen **zugesetzten Heparins** auf die Steighöhendifferenz ist — wie folgender Versuch zeigt — praktisch gleich Null.

6. 2. 37. Temperatur 16,2 ° C.

dest. Wasser ohne Heparin:	$h_1 - h_2$ =	16,7
		16,7
		16,7
dest. Wasser mit Heparin:	$h_1 - h_2$ =	16,6
		16,7
		16,7
		16,7

3. Messungen an Blut.

a) orientierende Versuche.

Da, wie erwähnt, Messungen an unverdünntem Heparin-Blut infolge der Viskosität des Blutes nicht möglich waren, versuchte ich mit verdünntem Blut zu arbeiten. Stalagmometrische Bestimmungen zeigten, daß die Verdünnung ohne wesentlichen Einfluß auf die O'sp. ist. Es wird dies verständlich, wenn man bedenkt, daß nicht die Konzentration der oberflächenaktiven Substanzen in der Gesamtflüssigkeit, sondern hauptsächlich deren Konzentration in der Oberfläche für die Erniedrigung der O'sp. des Lösungsmittels (Wasser) maßgebend ist. Die folgende Versuchsreihe (Tabelle XIV), in der ich die geringste Verdünnung, die eine einwandfreie Einstellung der Flüssigkeitsmenisken (leichtes Spielen in den Kapillaren) gewährleistet, festzustellen suchte, gibt hierüber Aufschluß.

Tabelle XIV.

Nr.	Verdünnung: 0,9 % NaCl : Blut	I. Kapillarpaar: h_1-h_2	σ Dyn/cm	relat. O'sp.	II. Kapillarenpaar h_2-h_1	σ Dyn/cm	relat. O'sp.	Dynam. O'sp. Dyn/cm
82	1 : 3	11.8	53.30	0.7138	40.4	63.67	0.8279	70.38
83	1 : 2	14.1	63.57	0.8530	—.—	—.—	—.—	70.39
84	1 : 2	—.—	—.—	—.—	34.25	53.54	0.7018	70.23
85	1 : 2	13.6	60.87	0.8228	—.—	—.—	—.—	69.57
86	1 : 2	—.—	—.—	—.—	34.8	54.45	0.7131	70.03
87	1 : 2	13.67	61.54	0.8270	—.—	—.—	—.—	68.99
87	1 : 1,5	16.5	74.06	0.9982	—.—	—.—	—.—	69.80
88	1 : 1,5	—.—	—.—	—.—	33.4	52.16	0.6844	62.31
90	1 : 1,5	15.25	68.19	0.9226	—.—	—.—	—.—	70.06
89	1 : 1	16.2	72.58	0.9800	35.8	55.96	0.7336	68.86
90	1 : 1	12.3	54.78	0.7441	—.—	—.—	—.—	70.74
91	1 : 1	16.1	71.74	0.9740	34.8	54.10	0.7131	69.27
92	1 : 1	14.3	63.51	0.8651	38.96	60.37	0.7984	70.84
93	1 : 0.75	14.4	64.07	0.8711	42.1	65.36	0.8627	70.96
95	1 : 0.75	14.8	65.92	0.8953	42.1	65.42	0.8627	69.21

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, daß erst von einer Verdünnung von 0,75 Vol. Blut : 1,0 Vol. physiol. Kochsalzlösung ab, brauchbare Resultate, erkennbar an leichtem Spiel der Flüssigkeitsmenisken und an der Uebereinstimmung der Ergebnisse in beiden Kapillarenpaaren, erhalten werden. Mit dieser Verdünnung führte ich

b) die definitiven Versuche

durch. Die Reihenfolgen der verschiedenen Bestimmungen für die einzelnen Blutproben gestaltete sich nun folgendermaßen:

Nachdem sich 100 ccm Blut, dem zur Gerinnungsverzögerung 1,0 mg Heparin (0,01 mg pro ccm) zugegeben waren, auf 18° C abgekühlt hatten, wurden in 40 ccm unverdünntem Blut Dichte und Stalagmometerwert bestimmt. Weitere 30 ccm Blut wurden mit 40 ccm phys. Kochsalzlösung verdünnt, gut durchmischt und zur sofortigen Steighöhenmessung in 2 Küvetten gleichmäßig verteilt. In jede Küvette wurde ein Kapillarenpaar bis zu einer bestimmten Marke getaucht, hierauf die Steighöhen mit der Lupe abgelesen, dann das verdünnte Blut in den Kapillaren zur Benetzung der Kapillareninnenwand hochgesaugt, worauf — nachdem sich nun die Steighöhen wieder ausgeglichen hatten — ihre Höhendifferenz wieder abgelesen wurde. Anschließend wurden

die Kapillaren mehrmals gehoben und gesenkt und durch jeweiliges Ablesen der Steighöhen die Steighöhendifferenzen gewonnen. Die unten folgenden Werte sind Mittelwerte. Sämtliche Versuche wurden auch hier bei 18° C durchgeführt.

Anschließend an die Steighöhenmessung bestimmte ist auch noch Dichte und Stalagmometerwert des verdünnten Blutes. Bei der Beschickung der Apparate und Herstellung der Verdünnungen war ich auf gute Durchmischung der Proben bedacht.

So fand ich die in der folgenden Tabelle verzeichneten Zahlen.

Tabelle XV.

Nr.	I. Kapillarenpaar:			II. Kapillarenpaar:			Dyn. O'sp.	Dichte
	h_1-h_2	σ Dyn/cm	relat. O'sp.	h_1-h_2	σ Dyn/cm	relat. O'sp.	Dyn/cm	
93	14.4	64.07	0.8711	42.1	65.36	0.8627	70.96	1.023
94		geronnen!						
95	14.8	65.92	0.8953	42.1	65.42	0.8627	69.21	1.0240
96	14.1	62.55	0.8530	41.8	64.70	0.8566	70.13	1.0200
97	14.8	65.76	0.8953	42.4	65.73	0.8688	70.97	1.0215
98	15.1	66.99	0.9135	43.1	66.71	0.8832	70.43	1.0200
99	16.0	70.77	0.9679	45.8	70.68	0.9385	70.66	1.0170
100	16.44	73.15	0.9946	47.05	73.04	0.9641	66.66	1.0230

Es geht hieraus hervor, daß die Oberflächenspannungen der beiden Kapillarenpaare einander sehr nahe kommen, sodaß sich z. B. der Unterschied der relativen Oberflächenspannungen erst in der zweiten Dezimale bemerkbar macht. Auch die Zahlen für σ, die ja keine absoluten, sondern nur Vergleichswerte darstellen, stimmen gut miteinander überein.

Der Vergleich zwischen statischer und dynam. O'sp. dagegen weist größere Unterschiede auf, als letztere in 5 von den untersuchten 7 Fällen größer, in einem annähernd gleich und in einem Fall kleiner als die statische O'sp. ist.

Damit wäre der Beweis erbracht, daß die Methode zur Messung der stat. O'sp. des Blutes mit den Michaelis'schen Kapillaren — wenn sie auch sehr umständlich ist und sehr viele technischen Schwierigkeiten bietet — bei genügend großer Verdünnung des Blutes geeignet ist und auch brauchbare Werte liefert.

Schließlich bestimmte ich auch noch den Einfluß der Zeit auf die statische O'sp. des 1 : 0,75 verdünnten Blutes. Die Ergebnisse sind in Tabelle XVI dargestellt.

Tabelle XVI.

1. Messung:

Nr.	I. Kapillarenpaar: σ Dyn/cm	rel. O'sp.	II. Kapillarenpaar: σ Dyn/cm	rel. O'sp.	Zeit:
97	65.76	0.8953	65.73	0.8688	30 Min.
98	66.99	0.9135	66.71	0.8832	1 Std.
95	65.92	0.8953	65.42	0.8627	2 „
93	64.07	0.8711	65.36	0.8627	4 „
99	70.77	0.9679	70.68	0.9385	5 „
100	73.15	0.9946	73.04	0.9641	5 „
96	62.55	0.8530	64.70	0.8566	7 „

2. Messung:

I. Kapillarenpaar: σ Dyn/cm	relat. O'sp.	II. Kapillarenpaar: σ Dyn/cm	relat. O'sp.
70.20	0.9558	69.91	0.9242
68.32	0.9316	67.80	0.8975
69.93	0.9498	71.17	0.9385
68.08	0.9256	70.64	0.9324
67.01	0.9165	66.67	0.8852
71.37	0.9703	71.41	0.9426
60.78	0.8288	63.62	0.8422

Unter den 7 untersuchten Fällen befinden sich 4 Zu- (= 57 %) und 3 Abnahmen (= 43 %) der relativen und der statischen O'sp.

Vergleicht man die einzelnen Werte mit den in Tabelle XII gemachten stalagmometrisch gewonnenen Ergebnissen, so sieht man, daß zwischen dynam. und statischer O'sp. kein einheitliches Verhalten in bezug auf Zeit besteht; denn nur in einem Fall entsprach einer Zunahme der dyn. O'sp. auch eine Zunahme der statischen (Nr. 95) und in zwei Fällen einer Abnahme der ersteren eine Abnahme der letzteren (Nr. 99, 96).

Weitere Messungen mit der Steighöhenmethode finden sich unter „B) Die Oberflächenspannung in der Meiostagminreaktion".

B. Die Oberflächenspannung in der Meiostagminreaktion.

1. Schrifttum.

Die sog. Meiostagminreaktion ist die praktische Anwendung der Messung der O'sp. für diagnostische Zwecke. Nach A. Ascoli (3) beruht die M.R. auf den Veränderungen der O'sp., die in flüssigen Medien beim Zusammentreffen von Antikörpern und ihren homologen Antigenen stattfinden. So bilden sich beim Zusammenbringen von Typhusextrakten und -serum in bestimmten Verhältnissen schon nach 2 Stunden Verweilen im Brutschrank, wie M. Ascoli nachwies, leichte diffusible Produkte, die eine **Herabsetzung** der O'sp. bedingen, sodaß die einzelnen Tropfen kleiner werden und die Zahl der von demselben Volumen der Flüssigkeit abfließenden Tropfen wächst.

(Zu der vielumstrittenen Frage nach der Spezifität der verschiedenen Arten der Tuberkelbazillen liefern die Untersuchungen von Gasbarrini einen interessanten Beitrag, insofern er in der M.R. ein neues differentialdiagnostisches Mittel zur Unterscheidung des Typus humanus vom T. bovinus und aviarius fand.)

G. Izar (14), der die M.R. bei Typhus, Tuberkulose, Echinokokken- und Ankylostomenbefall untersuchte, kam dabei zu folgender Methodik:

Er stellte die Reaktion mit gewöhnlich auf $^1/_{20}$ mit 0,85 % NaCl-Lösung verdünntem Serum an. Zunächst wurde dann die Tropfzahl des verdünnten Serums allein bestimmt. Hierauf gelangen zu 9 ccm obiger Serumverdünnung 1 ccm Antigenverdünnung. Die mit den Mischungen beschickten offenen Reagenzgläser kommen für 2 Stunden in einen Brutschrank von 37 ° C oder auf 1 Stunde in ein Wasserbad von 50 ° C oder in ein solches von 30—50 ° C. In letzterem Falle muß man zu Ende des Versuches auf 10 ccm mit dest. H_2O aufgießen. Unter solchen Versuchsbedingungen erfahren die wie angegeben verdünnten Blutsera, denen statt Antigen einfach NaCl-Lösung (1 ccm zu 9 ccm verd. Serum) zugesetzt wurde, eine Erniedrigung der O'sp., die maximal 1(—1½) Tropfen erreicht.

Bezüglich der Verdünnung, in der das Stammantigen zu gebrauchen ist, ist die stärkste Konzentration zu verwenden, die aber mit Normalserum (mit der erwähnten spontanen O'sp. summiert) nicht über ein Tropfen Zunahme bewirken darf; es müssen also die Stammantigene entsprechend und genau mit Normalserum titriert werden. Wird eine zu konzentrierte Antigenlösung zugesetzt, so beobachtet man auch mit Normalserum eine O'sp.-Erniedrigung; dieselbe stellt sich aber auch ein, wenn die gleiche Antigenmenge zu Kochsalzlösung hinzugefügt wird. Es handelt sich also in diesem Falle nicht wie bei der M.R. um spezifische Umsetzungen wohl fermentativer Natur, die die Meiostagmine in den entsprechenden Antigenen bewirken und zur **Entstehung oder Befreiung** von die O'sp. des Wassers herabsetzenden Stoffen führen,

sondern vielfach um den übermäßigen Zusatz von **vorgebildeten** Substanzen ähnlicher Wirkung.

Zum Zwecke der Herstellung von Verdünnungen wird mit absolut trockener Pipette die gewünschte Menge (z. B. 0,05 ccm) Stammantigen entnommen, in ein trockenes Reagenzglas gebracht und diesem dann allmählich unter Schütteln die nötige Menge dest. H_2O oder physiol. NaCl-Lösung zugesetzt und wieder gut durchgeschüttelt.

Auf diese Weise konnte Izar in vielen Fällen seiner Untersuchungen positive Ergebnisse erhalten.

Im Anschluß an meine vorstehenden Untersuchungen (Kapitel A) führte ich auch noch einige Bestimmungen an einem tuberkulosen Bullenserum durch mit dem Zweck, die Durchführbarkeit der M.R. gleichzeitig mit der üblichen Tropfenmethode und der Steighöhenmethode zu prüfen.

2. Eigene Untersuchungen.

a) Methodik.

Die Normalsera für diese Versuche stammten von 4 klinisch tuberkulosefreien Tieren der Geburtshilfl. Klinik der Tierärztlichen Fakultät der Universität München. Sie wurden am 28. 4. 1937 um 16.30 Uhr, 16.35 Uhr, 16.40 Uhr und am 20. 5. 1937 14.00 Uhr mit Kanüle und Aderlaßstrick unter sterilen Kautelen entnommen. Hierauf blieben sie 3 × 24 Std. bis zur vollständigen Gerinnung stehen, wurden am 1. 5. 1937 bzw. am 23. 5. 1937 10 Minuten lang zentrifugiert und das so erhaltene klare Serum zu den Versuchen benutzt.

Die Versuchstiere:

1. 6—7jähr. Kuh, Höhenfleckvieh, 10 Std. nach dem Kalben = Serum I. Dieses Serum wurde nicht verwendet, da die Kuh künstlich mit Trichomonaden infiziert war.
2. 2—2½jähr. Kalbin, Höhenfleckvieh, nicht trächtig = Serum II
3. 2—2½jähr. Kalbin, Höhenfleckvieh, nicht trächtig = Serum III
4. 2—3jähr. Bulle, Höhenfleckvieh = Serum IV
5. tuberkulöser Bulle = Serum V.

Das Tuberkulose-Serum (Serum V) wurde vom Reichsgesundheitsamt von einem sicher tuberkulösen Bullen erhalten.

Als Antigen kam das staatlich geprüfte Rindertuberkulin, von der I.G.-Farbenindustrie A.-G. dankenswerterweise in Originalkonzentration zur Verfügung gestellt und für die Versuche entsprechend verdünnt, zur Verwendung.

Sämtliche Messungen wurden bei 18° C gemacht.

Die Versuchstechnik wurde der von Izar beschriebenen weitgehend angepaßt.

Die Titration des Antigens ist am besten aus unten stehenden Tabellen (s. eigene Untersuchungen) zu ersehen. Sie wurde vorgenommen mit den Seren III und II, für welche nur die Tropfenzahl mit dem Traube'schen Stalagmometer bestimmt wurde, das für dest. Wasser bei 18 ° C 51.643 Tropfen liefert und mit dem Serum IV, für welch letzteres außerdem die Dichte mit der Westphal'schen Wage zur Berechnung der Oberflächenspannung ermittelt wurde.

Für die Meiostagminreaktion mit Serum V wurde dieses — wie auch die Normalsera zur Titration — im Verhältnis 1 : 20 mit 0,9 % NaCl-Lösung verdünnt und anschließend die Dichte dieser Serumverdünnung mit der Westphal'schen Wage gemessen. Zunächst wurde dann die Tropfenzahl des verdünnten Serums allein bestimmt. Hierauf wurden 9 ccm Serumverdünnung mit 1 ccm 1 : 40 mit 0,9 % NaCl-Lösung verdünntem Tuberkulin gemischt und nun von dieser Mischung die Tropfenzahl bestimmt und daraus dann die Oberflächenspannung berechnet. Nach dieser ersten Tropfenzählung gelangt die Mischung Serum + Antigen für 2 Stunden in den Brutschrank von 37 ° C, und darnach wird sie wiederum stalagmometrisch gemessen.

Die Berechnung der O'sp. geschah nach der Traube'schen Formel

$$\gamma = 74 \cdot S \cdot \frac{Zw}{Z} \text{ Dyn/cm,}$$

worin 74 die O'sp. des Wassers, S das spezifische Gewicht der Mischung Serumverdünnung + Antigenverdünnung, Zw die Anzahl der Wassertropfen des benützten Stalagmometers (51.643), Z die Anzahl der Tropfen von Serumverdünnung + Antigenverdünnung bedeuten.

Anhangsweise wurde durch Parallelversuche das Verhalten der O'sp, gemessen mit den Michaelis'schen Kapillaren, geprüft.

b) Ergebnisse.

1. Titration des Tuberkulins mit Serum III:

Tabelle XVII.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	Tropfenzahl sofort	Tropfenzahl nach 2 Stunden Brutschrank 37 ° C
+ —.—	53.36	—.—
+ 1 ccm 0,9% NaCl	53.12	53.56
+ 1 „ Tuberkulin $^1/_{100}$	54.12	53.80
+ 1 „ „ $^1/_{200}$	53.92	53.76
+ 1 „ „ $^1/_{300}$	53.72	54.12
+ 1 „ „ $^1/_{400}$	53.64	53.76
+ 1 „ „ $^1/_{500}$	54.04	—.—
+ 1 „ „ $^1/_{1000}$	53.32	—.—

d. h. der Titer muß zwischen der Tuberkulinverdünnung $^1/_1$ und $^1/_{100}$ liegen.

Tabelle XVIII.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	Tropfenzahl sofort	Tropfenzahl nach 2 Stunden Brutschrank 37° C
+ —.—	53.48	—.—
+ 1 ccm 0,9% NaCl	53.52	53.44
+ 1 „ Tuberkulin $^1/_{50}$	54.84	54.80
+ 1 „ „ $^1/_{60}$	54.56	55.04
+ 1 „ „ $^1/_{70}$	54.44	55.00
+ 1 „ „ $^1/_{80}$	54.40	55.08
+ 1 „ „ $^1/_{90}$	54.24	54.72
+ 1 „ „ $^1/_{100}$	54.24	54.72
+ 1 „ „ $^1/_{20}$	56.00	58.16
+ 1 „ „ $^1/_{30}$	55.84	56.36

d. h. der Titer des Tuberkulins muß zwischen den Verdünnungen $^1/_{30}$ und $^1/_{50}$ liegen.

mit Serum II:

Tabelle XIX.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	Tropfenzahl sofort	Tropfenzahl nach 2 Stunden Brutschrank 37° C
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{20}$	56.12	58.08
+ 1 „ „ $^1/_{30}$	55.96	56.64
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	54.92	54.88

d. h. der Titer des Tuberkulins muß zwischen den Verdünnungen $^1/_{30}$ und $^1/_{50}$ liegen.

mit Serum IV:

Tabelle XX.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	sofort Tropfenzahl:	sofort Dichte:	sofort O'sp. Dyn/cm	nach 2 Std. 37° C Tropfenzahl:	nach 2 Std. 37° C Dichte	nach 2 Std. 37° C O'sp Dyn/cm
+ —.—	54.48	1.007	70.64	—.—	1.007	—.—
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{30}$	55.40	1.007	69.46	55.96	1.007	68.77
+ 1 „ „ $^1/_{40}$	54.92	1.007	70.07	55.40	1.007	69.46
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	54.56	1.007	70.53	54.52	1.007	70.58

d. h. der Titer des Tuberkulins liegt zwischen den Verdünnungen $^1/_{30}$ und $^1/_{50}$, also bei $^1/_{40}$.

Aus diesen Titrationsversuchen mit Serum III, II und IV geht hervor, daß der Titer des Tuberkulins bei der Verdünnung 1 : 40 mit 0,9 % NaCl-Lösung liegt, denn die Verdünnung des Tuberkulins muß so gewählt werden, daß die Tropfenzunahme nach der Bebrütung einen Tropfen nicht übersteigt.

Bei der Antigenverdünnung $^1/_{50}$ sind die Tropfenzahlen zwischen „sofort" und „nach 2 Std. 37° C" nur erst in der 2. Dezimale von einander verschieden, also praktisch fast gleich; bei der Verdünnung $^1/_{30}$ beträgt der Unterschied der Tropfenzahlen zwischen den beiden Messungen 0.52 (Serum III), 0.68 (Serum II) und 0.56 (Serum IV).

2. Meiostagminreaktion mit Serum V.

Tabelle XXI.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	sofort			nach 2 Std. 37° C		
	Tropfenzahl:	Dichte:	O'sp. Dyn/cm	Tropfenzahl:	Dichte	O'sp Dyn/cm
+ —.—	52.84	1.007	72.83	—.—	1.007	—.—
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{40}$	54.04	1.007	71.21	55.88	1.007	68.87
+ 1 „ „ $^1/_{30}$	56.32	1.007	68.33	57.84	1.007	66.53
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	53.40	1.007	72.07	55.00	1.007	69.97

Die Versuche mit Tuberkulin $^1/_{30}$ und $^1/_{50}$ sind nur interessehalber angestellt.

Aus obiger Zusammenstellung ersieht man, daß die Unterschiede in Tropfenzahl und O'sp. zwischen „sofort" und „nach 2 Stunden 37° C" am größten sind bei der Antigenverdünnung $^1/_{40}$.

Ein Vergleich der entsprechenden Ergebnisse von Serum IV mit Serum V ergibt

Tabelle XXII.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	Unterschied zwischen „sofort" u. „nach 2 Std. 37° C"			
	Serum IV:		Serum V:	
	Tropfenzahl:	O'sp. Dyn/cm:	Tropfenzahl:	O'sp. Dyn/cm:
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{40}$	+ 0.48	— 0.61	+ 1.84	— 2.34
+ 1 „ „ $^1/_{30}$	+ 0.56	— 0.69	+ 1.52	— 1.80
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	— 0.04	+ 0.05	+ 1.60	— 2.10

einen deutlich positiven Ausfall der Meiostagmin-Reaktion.

Die Frage, ob die M.R. auch bei Vorhandensein von nur wenig Antikörpern noch positive Resultate liefert, wurde auch untersucht, indem das vorhandene Serum V des tuberkulosen Bullen verdünnt wurde:

Tabelle XXIII.

1 ccm Tuberkulin verdünnt auf $^1/_{40}$	sofort Tropfenzahl:	Dichte	O'sp. Dyn/cm	nach 2 Std. 37° C Tropfenzahl:	Dichte	O'sp. Dyn/cm
+ 9 ccm Serum V $^1/_{20}$	54.56	1.007	70.53	56.40	1.007	68.23
+ 9 „ „ „ $^1/_{200}$	54.08	1.004	70.95	54.88	1.004	69.91
+ 9 „ „ „ $^1/_{500}$	53.72	1.003	71.35	54.28	1.003	70.61

d. h. bei zehnfacher Verdünnung des $^1/_{20}$ verdünnten Serums beträgt die Tropfenzunahme immer noch $\frac{80}{100} = 80$ %, was einer O'sp.-Verminderung von 1.04 Dyn/cm entspricht, und bei 25facher Verdünnung des $^1/_{20}$ verdünnten Serums ist immer noch eine Zunahme der Tropfenzahl um $\frac{56}{100} = 56$ % festzustellen, der eine Abnahme der O'sp. um 0.74 Dyn/cm entspricht.

Vergleicht man hiermit die Werte des Serums IV (Normalbulle), so findet man, daß bei 9 ccm $^1/_{20}$ Serum + 1 ccm $^1/_{40}$ Tuberkulin die Differenz zwischen vor und nach der Bebrütung nur 0,48 Tropfen = 48 % beträgt; es ist anzunehmen, daß bei einer Verdünnung des Normalbullenserums auf $^1/_{200}$ oder gar $^1/_{500}$ die Differenz zwischen vor und nach der Bebrütung noch wesentlich geringer ist.

Tabelle XXIV.

Serumverdünnung	Serum V Differenz zwischen vor und nach der Bebrütung in Tropfen %	Serum IV Differenz zwischen vor und nach der Bebrütung in Tropfen %
$^1/_{20}$	184 %	48 %
$^1/_{200}$	80 %	—.—*)
$^1/_{500}$	56 %	—.—*)

*) nicht experimentell bestimmt.

Diese letzte Tabelle XXIV zeigt deutlich, daß die Tropfenzunahme bei tbc. Serum nach der Bebrütung selbst bei der hohen Verdünnung $^1/_{500}$ immer noch größer ist (56 %) als die von Normalserum bei der geringen Verdünnung $^1/_{20}$ (48 %).

Es scheint also, daß die Meiostagminreaktion die Möglichkeit bietet, die Tuberkulose des Rindes vielleicht sogar schon in einem frühen Stadium zu erkennen. Sie könnte somit bei ihrer Bekämpfung Anwendung finden, falls weitere Untersuchungen ihre praktische Verwertbarkeit ergeben sollten.

Anhang:

Statische O'sp. und Meiostagminreaktion.

Zur Untersuchung kamen die Sera IV und V in den vorstehend beschriebenen Verdünnungen. Die folgenden Versuche wurden stets direkt nach der Messung mit dem Stalagmometer gemacht, indem die 9 ccm Serumverdünnung allein oder die 10 ccm Serumverdünnung + Antigenverdünnung auf ihre Steighöhen mit dem Kapillarenpaar I, wovon $r_1 = 0.2780$ mm und $r_2 = 0.4048$ mm, gemessen wurden.

Die Werte für $h_1—h_2$ wurden auf die früher beschriebene Weise gewonnen, sodaß auch die unten genannten stets die Mittelwerte bedeuten. — Zur Berechnung der statischen Oberflächenspannung diente auch hier die Formel $\sigma = f \cdot d \cdot (h_1—h_2) \cdot 0.981$ Dyn/cm mit der früher genannten Einschränkung.

Serum IV:

Tabelle XXV.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	sofort h_1-h_2	Dichte	stat. O'sp. Dyn/cm	dyn. O'sp. Dyn/cm	nach 2 Std. 37° C h_1-h_2	Dichte	stat. O'sp. Dyn/cm	dyn. O'sp. Dyn/cm
+ —,—	15.98	1.007	69.99	70.64	—.—	1.007	—.—	—.—
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{30}$	15.73	1.007	68.89	69.46	15.57	1.007	68.18	68.77
+ 1 „ „ $^1/_{40}$	15.87	1.007	69.52	70.07	15.72	1.007	68.85	69.46
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	15.97	1.007	69.93	70.53	15.97	1.007	69.95	70.58

Serum V:

Tabelle XXVI.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	sofort h_1-h_2	Dichte	stat. O'sp. Dyn/cm	dyn. O'sp. Dyn/cm	nach 2 Std. 37° C h_1-h_2	Dichte	stat. O'sp. Dyn/cm	dyn. O'sp. Dyn/cm
+ —.—	—.—	1.007	—.—	72.83	—.—	1.007	—.—	—.—
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{30}$	15.34	1.007	67.20	68.33	14.99	1.007	65.65	66.53
+ 1 „ „ $^1/_{40}$	15.99	1.007	70.05	71.21	15.50	1.007	67.91	68.87
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	16.19	1.007	70.92	72.07	15.72	1.007	68.87	69.97

Bei genauerer Betrachtung ist aus diesen beiden Tabellen ersichtlich, daß sich die Werte für die dynam. und stat. O'sp. fast decken, daß beide sich also annähernd gleich verhalten: einer Zunahme der dynam. O'sp.

entspricht auch eine Zunahme der stat. O'sp. und ebenso verhält es sich mit der Abnahme einer von beiden. — Dieses Verhalten ist besonders deutlich aus folgender Zusammenstellung erkennbar:

Unterschied zwischen dynam. und stat. O'sp.

Tabelle XXVII.

9 ccm Serum verdünnt auf $^1/_{20}$	Serum IV sofort Dyn/cm:	Serum IV nach 2 Std. 37° C Dyn/cm:	Serum V sofort Dyn/cm:	Serum V nach 2 Std. 37° C Dyn/cm:
+ —.—	0.65	—.—	—.—	—.—
+ 1 ccm Tuberkulin $^1/_{30}$	0.57	0.59	1.13	0.88
+ 1 „ „ $^1/_{40}$	0.55	0.61	1.16	0.96
+ 1 „ „ $^1/_{50}$	0.60	0.63	1.15	1.10

C. Dichte.

Die genauere Bestimmung der O'sp. des Blutes erfordert — wie bereits erwähnt — in jedem Falle die Ermittlung der Dichte. So war ich veranlaßt, eine große Zahl von Dichtebestimmungen an Kälberblut vorzunehmen, die eine gesonderte Betrachtung der hierbei erhaltenen Werte rechtfertigt.

1. Schrifttum.

Die wichtigsten Faktoren für die Dichte des Blutes hat Paechtner (24) folgendermaßen festgelegt:

„Die Dichte des Blutes bei Zimmertemperatur 18° C liegt um 1050; d. h. ein Liter Blut wiegt etwa 1050 g, also etwa 50 g mehr als ein Liter Wasser von gleicher Temperatur. Bestimmend hierfür ist der Gehalt des Blutes an festen Bestandteilen, vor allem an roten Blutkörperchen (Hämoglobin!).

Sie ist daher nach Gattung, Geschlecht und Eigenart etwas verschieden und kann auch bei ein und demselben Individuum gewissen Schwankungen unterliegen. Männliche Individuen zeigen im allgemeinen höhere Werte als weibliche; unsere Haustiere niedrigere als der Mensch; Pferde z. B. 1045 bis 1050 gegen 1055—1060 des Menschen".

Nach Trautmann (28) beträgt die Dichte des Schafblutes bei 18° C 1.0454—1.0550. Dabei ist die Blutdichte der Böcke im Mittel 1.0518, die der Schafe 1.0490, die der Hammel dagegen 1.0517, was mit den Angaben von Paechtner genau übereinstimmt. Ferner fand Trautmann die Dichte der jüngeren Schafe mit 1.0509 höher als die der älteren Tiere mit 1.0493.

Lloyd Jones (18) gibt das spez. Gewicht des Blutes beim Manne mit etwa 1058, beim Weibe als etwas niedriger an. Die höchsten Werte lieferten Schwangere.

Andreesen (2) und Dillner (10) dagegen fanden keine Abhängigkeit der Dichte von der Gravidität. Außerdem lehnt Dillner einen Zusammenhang zwischen Alter und Dichte ab.

2. Eigene Untersuchungen.

Die Bestimmung der Dichte geschah mit der genau eingestellten Westphal'schen Wage bei 18° C Zimmertemperatur.

a) Methodik.

Der Senkkörper der Westphal'schen Wage und die zur Dichtebestimmung benötigten Reagenzgläser wurden nach jedem Versuch zuerst mit Leitungswasser abgespült, hierauf 2 Minuten in Natriumbichromat-Schwefelsäure gelegt, anschließend mit dest. Wasser gründlich abgespült und dann mit einem reinen Leinenlappen vollkommen trocken gerieben. Hierauf wurden die trocken geriebenen Reagenzgläser und Senkkörper in die Nähe der Heizung auf Filtrierpapier zur weiteren Trocknung (20—30 Minuten) gelegt.

Nachdem sich das Blut von der Körpertemperatur bis auf 18° C abgekühlt hatte, wurde es, nachdem es durch einen reinen Leinenlappen filtriert worden war, in ein Reagenzglas eingefüllt, der Senkkörper eingetaucht, nachdem vorher die Wage genau eingestellt war und die Dichte an den aufgesetzten Gewichten abgelesen. Nach 2 Minuten Warten wurde die Dichte nochmals abgelesen. Dabei war in keinem einzigen Falle eine Differenz zwischen diesen 2 Ablesungen festzustellen.

Der Einfluß des Heparins auf die Dichte ist, wie folgender Versuch zeigt, so gering, daß er praktisch vernachlässigt werden kann.

7. 3. 36	35 ccm dest. H_2O bei 15° C	= 1,0000
	35 ccm dest. H_2O + 0,35 mg Heparin bei 15° C	= 0,9995
	35 ccm dest. H_2O bei 18° C	= 0,9998
	35 ccm dest. H_2O + 0,35 mg Heparin bei 18° C	= 0,9995

b) Ergebnisse.

1. Einfluß des Körpergewichts auf die Dichte.

Ordnet man die in Tabelle II angegebenen Dichten nach verschiedenen Gewichtsklassen, so erhält man die

Tabelle XXVIII.

Körpergew. kg:	Mittelwerte:	Anzahl der Tiere:	Maximum:	Minimum:	Schwankungsbreite
unter 50	1.0418	2	1.0430	1.0405	0.0025
51—100	1.0448	61	1.0540	1.0300	0.0240
101—150	(1.0398)	7	1.0500	1 0217	0.0283
151—200	1.0480	4	1.0515	1.0446	0.0069
201—240	1.0480	6	1.0499	1.0460	0.0039

Diese Werte zeigen deutlich, daß mit zunehmendem Körpergewicht innerhalb der Gewichtsgrenzen von 33—240 kg die Dichte des Blutes zunimmt. Der Mittelwert für ein K.-G. von 101—150 kg ist nur deshalb so nieder, weil darin die ganz von den übrigen Blutdichten abweichende Dichte der Blutprobe Nr. 3 mit 1.0217 enthalten ist. Läßt man diese bei der Berechnung der Mittelwerte unberücksichtigt, so ergibt sich das Mittel für ein K.-G. von 101—150 kg zu 1.0423.

2. Einfluß des Alters auf die Dichte.

Die Zusammenstellung der in Tabelle II angegebenen Dichten nach verschiedenen Altersklassen ergibt:

Tabelle XXIX.

Alter (Wochen)	Mittelwerte:	Anzahl der Tiere:	Maximum:	Minimum:	Schwankungsbreite
bis zu 4	1.0434	9	1.0520	1.0390	0.0130
4	1.0454	19	1.0525	1.0370	0.0155
4—5, 5	1.0442	24	1.0540	1.0300	0.0240
5—6, 6, 6—7	1.0449	11	1.0520	1.0380	0.0140
10—15	1.0392	4	1.0460	1.0217	0.0243
21—36	1.0483	12	1.0515	1.0446	0.0069

Auch diese Zahlen lassen eine mit zunehmendem Alter steigende Dichtezunahme innerhalb der untersuchten Altersgrenzen von 28 Stunden bis 36 Wochen erkennen. Ganz aus der Reihe fällt jedoch der

Mittelwert für 10—15 Wochen alte Kälber, der sich aber leicht durch die im Vergleich zu den anderen Altersklassen sehr geringe Anzahl der in diese Klasse gehörigen Tiere erklären läßt.

3. Einfluß des Geschlechts auf die Dichte.

Ein Vergleich der in Tabelle II aufgeführten Werte zwischen Geschlecht und Dichte ergibt Tabelle XXX:

Tabelle XXXa.

Männliche Tiere.

Körpergew. kg:	Mittelwerte:	Anzahl der Tiere:	Maximum:	Minimum:	Schwankungsbreite
unter 50	1.0418	2	1.0430	1.0405	0.0025
51—100	1.0438	42	1.0530	1.0300	0.0230
101—150	1.0500	1	1.0500	1.0500	0.0000
151—200	—.—	—	—.—	—.—	—.—
201—240	1.0471	2	1.0482	1.0460	0.0022

Tabelle XXXb.

Weibliche Tiere.

Körpergew. kg:	Mittelwerte:	Anzahl der Tiere:	Maximum:	Minimum:	Schwankungsbreite
unter 50	—.—	—	—.—	—.—	—.—
51—100	1.0471	19	1.0540	1.0370	0.0170
101—150	1.0420	6	1.0500	1.0217	0,0283
151—200	1.0480	4	1.0515	1.0446	0.0069
201—240	1.0484	4	1.0499	1.0460	0.0039

Wie aus diesen beiden Tabellen zu ersehen ist, ist die Anzahl der Blutproben der einzelnen Gewichtsklassen zu gering, um hier irgend eine Gesetzmäßigkeit aufzustellen.

Dagegen zeigt den Vergleich der Gesamtmittelwerte die

Tabelle XXXc.

Gesamtmittel der männlichen Tiere 1.0439
Gesamtmittel der weiblichen Tiere: 1.0464,

daß beide einander sehr nahe kommen, was auch nicht anders zu erwarten ist. Denn in dem jugendlichen Alter der Kälber sind die Merkmale der Geschlechter noch so wenig ausgeprägt, daß man auch nicht erwarten kann, daß das Blut irgendwelche Verschiedenheiten in seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften zeigt.

4. Einfluß der Rasse auf die Dichte.

Eine Beeinflussung der Dichte durch die Rasse ließ sich wegen der ungleichmäßigen Verteilung der einzelnen Rassengruppen nicht ermitteln.

Tabelle XXXI.

Rasse	Mittelwerte:	Anzahl der Tiere:	Maximum:	Minimum:	Schwankungsbreite
Höhenfleckvieh	1.0444	55	1.0530	1.0300	0.0230
Graubraunes Höhenrind	1.0480	5	1.0540	1.0400	0.0140
Schwarzbuntes Niederungsrind	1.0455	3	1.0475	1.0430	0.0045

5. Kursorischer Fall.

Bestimmung der Dichte einer Kuh (Schwarzbuntes Niederungsrind) vor und nach der Geburt und ihres Kalbes.

Nr.:	Tag und Zeit der Blutentnahme:	Gewicht kg:	Alter:	Dichte
	39 Stunden vor der Geburt:			
50	8. 5. 1936, 15.00	450	ca. 6 J.	1.0430
	28 Stunden nach der Geburt:			
51	11. 5. 1936, 10.00	450	ca. 6 J.	1.0450
	Ihr Kalb (♂), 28 Std. alt:			
52	11. 5. 1936, 10.00	33	28 Std.	1.0430

III. Zusammenfassung.

1. **Die dynamische Oberflächenspannung** des Blutes von rund 100 Kälbern betrug im Mittel 68.29 Dyn/cm, wobei die Schwankungen von 61.25—71.83 Dyn/cm reichen. Zwischen Alter und O'sp. hat sich ein Zusammenhang feststellen lassen, insofern als mit zunehmendem Alter die O'sp. abnimmt. Dasselbe gilt in bezug auf das Körpergewicht. Eindeutige Zusammenhänge zwischen Geschlecht, Rasse und O'sp. waren nicht zu ermitteln. — Blutproben desselben Tieres wiesen im Zeitabschnitt von 10 Tagen Differenzen der O'sp. bis zu 7.22 Dyn/cm auf. — Die von mir gefundenen Resultate schließen sich unter Berücksichtigung dieser Schwankungsbreite und des Altersunterschiedes den von Hemmer an Kälbern ermittelten Zahlen gut an. — Die Messung der O'sp. sowohl des unverdünnten als auch des verdünnten Blutes in verschiedenen Zeitabständen hat unregelmäßige und ungesetzmäßige Zu- und Abnahmen ergeben. — Die Verdünnung des Blutes mit physiol. Kochsalzlösung bis zu 1 : 0.75 änderte die O'sp. nicht wesentlich.

2. **Die Messung der statischen Oberflächenspannung** des unverdünnten Blutes mit den Michaelis'schen Kapillaren ist wegen seiner großen Viskosität nicht ausführbar. Hingegen kann die Bestimmung mit verdünntem Blut durchgeführt werden. Ein Nachteil dieser Methode ist die sehr umständliche Versuchstechnik. Als relative O'sp. wurde im Mittel 0.9019 gefunden. Weiter haben die Untersuchungen gezeigt, daß dynam. und statische O'sp. des verdünnten Blutes — gemessen in verschiedenen Zeitabständen — kein gleiches Verhalten zeigen.

3. **Für die Meiostagminreaktion** können außer dem Traube'schen Stalagmometer auch die Michaelis'schen Kapillaren Verwendung finden, wenn auch dem erstgenannten infolge seiner weit leichteren Handhabung und seiner den Kapillaren bei Messung von Blut oder Serum in nichts nachstehenden Genauigkeit der Vorzug zu geben ist. — Die M.R. war in dem einen untersuchten Fall positiv. Ferner war sie positiv bei sehr hoher Verdünnung des Serums, also bei Vorhandensein von (sehr) wenig Antikörpern. Diese Reaktion könnte demnach bei der Diagnose der Tuberkulose Anwendung finden, falls sich ihre praktische Verwertbarkeit durch weitere Untersuchungen ergeben sollte.

4. **Die Dichte** ist eine Konstante, die jedoch geringen Schwankungen unterworfen ist. Sie wächst mit zunehmendem Körpergewicht und

Alter. Hingegen war zwischen der Dichte der männlichen und weiblichen Tiere innerhalb der untersuchten Gewichtsklassen kein Unterschied festzustellen, was auch infolge der noch nicht zur Entwicklung gelangten sekundären Geschlechtsmerkmale ohne weiteres erklärlich ist.

Der Einfluß der Rasse auf die Dichte konnte nicht festgestellt werden wegen zu geringer Anzahl der Versuchstiere. Die Zeit scheint ohne Einfluß auf die Dichte zu sein. Als Gesamtdurchschnitt wurde 1.0449 gefunden.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Professor Dr. J. Paechtner für die Ueberlassung der Arbeit sowie für das große Interesse, für seine Anregung und die stets freundliche Beratung herzlich zu danken.

Nicht zuletzt möchte ich Herrn Dr. Gürsching meinen besten Dank aussprechen für die nimmermüde und freundliche Hilfsbereitschaft, die er mir bei allen Schwierigkeiten entgegenbrachte.

IV. Literaturverzeichnis.

1. **Adlersberg, D.** und **E. Singer:** Mitteilungen über die Oberflächenspannung des Serums bei normalen und pathol. Zuständen. Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **46**, 500 (1925).
2. **Andreesen:** Untersuchungen über die Beziehungen der roten Blutkörperchen zu Alter, Gravidität, insbes. Milchleistung, Körperform und Konstitution beim schwarz- oder rotbunten ostfries. Niederungsrind. Diss. München (1922).
3. **Ascoli, A.:** Ueber die Meiostagminreaktion bei der Maul- und Klauenseuche. Z. f. Inf.-Kr. der Haustiere von Ostertag, Joest und Wolffhügel, **8**, 308 (1910).
4. **Beckmann, K.:** Ist die Oberflächenspannung des Blutserums eine konstante Größe? Klin. Woch. **5**, 215 (1926).
5. **Benhamon, Ed.** et **M. Béguet:** La tension superficielle du sérum chez l'homme normal et dans quelques états pathologiques. (Inst. Pasteur, Alger). C. r. Soc. Biol. Paris **110**, 54 (1932).
6. **Benhamon, Ed.** et **M. Béguet:** La tens. superfic. au cours de la digestion. (Inst. Pasteur, Alger). C. r. Soc. Biol. Paris **110**, 56 (1932).
7. **Bowden, S. T.:** The double-capillary method of surface tension measurement. J. physic. Chem. **34**, 1866 (1930).
8. **Brinkmann, R.:** Sur la tension superfic. du sang humain normal. (Laborat. de physiol. univ. Groningen). Arch. néérland. de physiol. de l'homme et des anim. **7**, 258 (1922).
9. **Clerc, A., R. Paris, P. Noel Deschamps** et **J. Sterne:** Sur la mesure de la tens. superfic. du sang par un procédé stalagmométrique special. C. r. Soc. Biol. Paris **112**, 779 (1933).
10. **Dillner:** Das spez. Gewicht des Blutes, Blutserums und Kleinplasmas. Abhandlungen des Inst. f. Tierz. und Molkereiwesen a. d. Universität Leipzig, H. 17 (1928).
11. **Eufinger, Hch.:** Die Oberflächenspannung des Serums während der Schwangerschaft. (Univ. Frauenkl. Frankfurt a. M.). Monatsschrift für Geburtshilfe und Gynäkol. **79**, H. 415, 271 (1928).
12. **Hemmer, A.:** Unters. am Blute hochträchtiger Kühe und ihren Kälbern (Tierphysiol. Institut der Universität München.) Diss. (1935).
13. **Horeth, G.:** Unters. am Blute hochträchtiger Kühe und ihrer Kälber (Thierphysiol. Institut der Universität München). Diss. (1935).

15. **Izar, G.**: Klin. Erfahrungen mit der Meiostagminreaktion bei Typhus, Tuberkulose, Echinokokkus- und Ankylostomakrankheit. Münchner Med. Wochenschr. Nr. 16, 842 (1910).

15. **Jendrassik, L.** und **J. Geldrich**: Abhängigkeit der Oberflächenspannung des Blutserums von der pH. Biochem. Zeitschr. **174**, 99 (1926).

16. **Junker, H.**: Fehlerquellen und Ungenauigkeiten bei Oberflächenspannungsmessungen mittels der Tropfapparate (Pilzforsch. Inst., Allg. Krankenhaus Eppendorf, Univ. Hamburg). Kolloid-Z. **52**, 231 (1930).

17. **Kaunitz, H.** und **Hch. Kent**: Ueber die klin. Bedeutung von Veränderungen der Oberflächenspannung des Blutserums. Zeitschr. f. klin. Med. **131**, 2. und 3. Heft (1937).

18. **Lloyd, J.**: Journ. of Physiol. **8**.

19. **Luy, P.**: Chem. und physiko-chem. Unters. des Blutes und Serums normaler und an inf. Anämie erkr. Pferde. Hannover (1930).

20. **Mazenauer, V.**: Ueber Methoden der Messung der Oberflächensp. biol. Flüssigkeiten mit bes. Berücksichtigung der Brinkman'schen Ringmethoden. Berichte über die ges. Physiol. u. exp. Pharmakol. **41**, 292 (1934).

21. **Michaelis, L.**: Abderhalden, Handb. d. biol. Arbeitsmethoden V, 500.

22. **Mills, H.** und **Percy Lucock Robinson**: Some observations on the determination of surface tension by means of capillary rise. Journ. of the chem. soc. London Aug.-H. 1823 (1927).

23. **Noiy Du, P. Lecomte**: Les phénomènes de tens. superfic. en biologie. (Inst. Rockefeller, New York). Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. **89**, Nr. 34, 1076 (1923).

24. **Paechtner, J.**: Vergleich. Physiol. der Haussäugetiere von Ellenberger-Scheunert, 41—44 (1925).

25. **Solowiew, B. M.**: Oberflächenspannung des Serums Gravider und Krebskranker. (Abt. f. exp. Med., bakt. Inst. Kiew), Zeitschr. für Krebsf. **22**, 265 (1925).

26. **Tominaga, Tyuzi**: Ueber die Best. der Oberflächenspannung biol. Flüsssigkeiten mit der Torsionswaage. (Physiol. Institut der Univ. Groningen). Biochem. Zeitschrift **140**, H. 1—3, 230 (1923).

27. **Traube, S.**: Pflügers Archiv **105**, 541 und 559 (1904); **123**, 419 (1908).

28. **Trautmann, A.**: Chem. und physik. Unters. des Blutes gesunder Schafe. Biochem. Zeitschr. **241**, 260 (1931).

Lebenslauf.

Ich, Emil Hölzle, wurde am 8. Januar 1908 in Konstanz geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule in Konstanz wurde ich Schüler der dortigen Zeppelin-Oberrealschule, an der ich am 14. März 1927 die Reifeprüfung ablegte.

Am 1. Mai desselben Jahres trat ich in die kaufmännische Lehre bei der Firma L. Stromeyer & Co., die ich am 31. Oktober 1929 beendete.

Auf Grund meiner Sprachkenntnisse erhielt ich eine Anstellung bei der Amsterdamer Filiale des Exporthauses Fine Woolen Cy. Ltd. London, in der ich am 1. November 1929 meine Arbeit begann. Infolge der stets geringer werdenden Ausfuhrmöglichkeiten wurde diese Filiale aufgelöst, wodurch ich Ende Mai 1932 diese Stelle verlor.

Vom 1. Juni bis Anfang November 1932 hielt ich mich in England, Frankreich und Holland auf, um mich in den betreffenden Sprachen weiterzubilden. Da meine sämtlichen Bewerbungen an meiner deutschen Staatsangehörigkeit scheiterten, kehrte ich anschließend nach Konstanz zurück.

Nachdem ich auch hier keine passende Anstellung erhalten konnte, entschloß ich mich — einem alten Wunsche folgend — zum tierärztlichen Studium, das ich am 1. Mai 1933 zu München begann. Nach dem 3. Halbjahr legte ich den 1. Abschnitt und nach dem 4. Halbjahr den 2. Abschnitt der tierärztlichen Vorprüfung in München ab.

Seit Anfang 1936 habe ich an der vorliegenden Arbeit gearbeitet und stehe nun nach dem 9. Studienhalbjahr vor der tierärztlichen Prüfung.

Konstanz, im August 1937.